

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЛИТЬЕ

Руководство для мастерской



Тим МакКрайт

ПЕРЕРАБОТАННОЕ ИЗДАНИЕ

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF MICHIGAN
ANN ARBOR, MICHIGAN 48106

PRACTICAL CASTING

A Studio Referens

Revised Edition

Tim McCreight

BRYNMORGEN PRESS
Cape Elizabeth, Maine

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЛИТЬЕ

Руководство для мастерской

Переработанное издание

Тим МакКрайт

ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАСЛЕДИЕ
ДИАЛОГ-СИБИРЬ
Омск, 2002

ББК 34.61 (7Coe)
M15

МакКрайт, Тим.

M15 Практическое литье. Руководство для мастерской.: Пер. с англ. – перераб. изд. – Омск: Издательство Наследие. Диалог-Сибирь, 2002. – 164 с.: ил.

ISBN 5-8239-0094-5 (рус.)

Современное литье может быть сложным и искусным, но оно на удивление непосредственно связано со своими историческими корнями. В литье используют изначальные свойства земли, огня и силы тяжести, преобразующие бесформенную массу в произведение искусства. В этом некая всеобщность – в объединяющем времени и культуры чувстве потрясения при такой метаморфозе.

Особенно волнует процесс преобразования книги на моем языке в книгу на вашем языке. Инструменты и технологии, которые вы обнаружите здесь, я не отдаю – они не мои, – а скорее передаю дальше. Они пришли сквозь годы от бесчисленных мастеров и ремесленников всего мира; это они их придумали. В том же духе открытий и изобретательства я счастлив, разделить с вами книгу «Практическое литье».

Издание этой книги было бы невозможно без поддержки и профессионального опыта многих людей. Рукопись пересматривали и дополняли Фрэд Воулл, Дуглас Легенхаузен, Линда Уэйсс-Эдвардс, Майкл Мозер, Дэкин Морехаус и Стив Браун. Моей жене Джейн принадлежит жизненно важная роль в написании этой книги. Ее советы, здравые суждения и моральная поддержка отражены на каждой странице. Наши дети, Джоби и Джефф – неистошимый источник энтузиазма для нас обоих. Спасибо, спасибо.

Тим МакКрайт
Портленд, Мэн, США
Май 2002 г.

ББК 34.61 (7Coe)
M15

Все права сохранены. Издание данной книги охраняется законом об авторском праве. Ни одну часть данной книги нельзя воспроизводить или передавать ни в какой форме и никакими электронными и механическими средствами, включая копирование, запись или какую-либо систему сохранения и поиска информации, без письменного разрешения от Brynmorgen Press, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from Brynmorgen Press, Inc. (Davis Publications, Inc)

Library of Congress Catalog
Number: 85-073045

ISBN 0-9615984-5-X (USA)
ISBN 5-8239-0094-5 (Россия)

© Brynmorgen Press, Inc, 1994
© Отпечатано в типографии ООО «Издательство Наследие. Диалог-Сибирь» по договору с официальным агентом Brynmorgen Press, Inc, 2002

СОДЕРЖАНИЕ

Модели	9
Литники	29
Формовка	39
Выжигание и плавление	49
Заливка металла	61
Прямые методы литья	75
Литье в песок	75
Отливки из пьютера	97
Эластичные резиновые формы	109
Изготовление крупных отливок	121
Особые случаи	141
Глоссарий	149
Приложение	154

ВВЕДЕНИЕ

Когда в 1982г. я написал книгу «Полное руководство по обработке металлов для ювелиров», мне виделась серия книг, в которых был бы сохранен тот же стиль подачи материала. Данное издание — второй шаг на пути к осуществлению этого замысла. Я надеюсь, что здесь сохранены популярные подходы к изложению информации, присущие первой книге, и внесены некоторые изменения к лучшему. При создании этой серии книг мыслилось в частности, что информация должна дробиться на легко воспринимаемые фрагменты, которые расположены в простой и удобной последовательности. Стиль книги в основном наглядный с уклоном в сторону максимально простого и недорогого способа достижения вполне определенного результата.

Эта книга, как и её предшественница, напечатана на плотной бумаге и заключена в ламинированную обложку, способную противостоять всему, что может пролиться в мастерской. Спиральный корешок позволяет уложить раскрытую книгу на верстак, а прилагаемый к книге по желанию покупателя лист с закладками позволит читателю изготовить метки на каждую главу.

Первые пять глав посвящены литью по выплавляемым моделям, как наиболее распространенному методу литья в ювелирном деле. Этот процесс рассматривается в нескольких аспектах, и каждый из них подробно обсуждается. В остальных главах описаны альтернативные техники литья, а в конце книги приведен глоссарий, дающий возможность быстро навести справки. В книге нет попыток осветить смежные вопросы металлообработки, такие как пайка и доводка. Именно благодаря такой узкой направленности «Практическое литье» может предложить столь полный обзор предмета.

В то время как почти вся информация в книге может относиться к отливкам любого размера, не забывайте, что она написана как учебное пособие для тех ситуаций, когда присутствует преподаватель и объемы работ ограничены. Не предполагалось использовать эту книгу как учебник для промышленных рабочих — там могут быть другие требования к технике безопасности.

Если вам понадобится помощь в этой области знаний, проконсультируйтесь в соответствующих государственных организациях. Ответственность за собственное здоровье и здоровье окружающих лежит полностью на вас.

КРАТКИЙ ОБЗОР ПРЕДМЕТА

С точки зрения истории литье является не особой технологией, а логическим продолжением процесса очистки руды и сплавления самородного металла. Когда первые мастера обнаружили материал для своих изделий в пепле костра, они заметили, что он воспроизводит рельеф поверхности, на которую был пролит. С этого началось развитие всей последующей технологии литья.

Когда мастер отливает исходный слиток для будущего изделия, логично придать ему форму, близкую к форме желаемого продукта. Делая проволоку, мы отливаем стержень, и так далее. Когда-то в древности мастер осознал, что можно отлить практически готовое изделие. С момента этого открытия изложница превратилась в литейную форму, и родилось литье как искусство.

Очевидно, что это революционное открытие было сделано самостоятельно в нескольких культурах. Нам известны искусные бронзовые отливки, сделанные в Китае около 7000 лет назад. Спустя не так уж много времени древние египтяне, достигнув высокого мастерства в литейном деле, создавали великолепные изделия, которые вдохновляли многие поколения мастеров. Около V в. н.э. греческие кузнецы изобрели горн, в котором на железную руду направлялась струя воздуха. Это важнейшее изобретение сделало возможным получение металла лучшего качества при относительно невысоких затратах. В каком-то смысле это ознаменовало начало индустриальной революции.

По сравнению со многими отраслями промышленности – литье за последние 4000 лет очень мало изменилось. Совершенствовались материалы, росли масштабы производства, но суть процесса осталась неизменной. Также не изменилась с годами и терминология.

Литейная форма – это обратный рельеф, в который вдавливается, заливается или загоняется под давлением размягченный или жидкий материал, и принимает заданную форму.

Литейная форма – промежуточное звено между двумя объектами – мастер-моделью и готовой отливкой. От каждого из этих объектов зависит выбор материала для формы и ее сложность. Сложная модель требует применения форм определенного типа и исключает использование других. Выбор материала для изготовления литейной формы также зависит от температуры плавления отливаемого материала.

Для удаления отливки некоторые формы могут быть разобраны. Они называются разъемными и могут состоять только из двух частей, либо могут быть очень сложными – из десятка и более деталей. Некоторые формы делают из эластичных материалов, что повышает их универсальность, в то же время как другие – при извлечении отливки должны быть разрушены. Такие формы называют разовыми, так как в них можно сделать только одну отливку, после чего они разрушаются.

Модель является точной копией изготавливаемого предмета. Выбор материала, из которого будет сделана модель, зависит от литейной формы, способа литья и от замысла мастера-модельщика.

В промышленности, литье – один из многих процессов, применяемых для получения большого количества одинаковых изделий. Литье стоит в одном ряду с другими технологиями, такими как вырубка, вытяжка, штамповка, токарная обработка. Изготовитель выбирает такой способ производства, который дает наиболее высокий выход самой качественной продукции при минимальных затратах. Зачастую

этим требованиям удовлетворяет литье, и ему постоянно находится новое применение. В 1940-х годах ювепирной промышленностью была позаимствована технология, первоначально разработанная для зубопротезного депа, а сегодня с ее помощью отпивают сотни тысяч набольших деталей, таких как клапаны и детали механизмов. Когда производители обратили внимание на литье, изобре- тения и усовершенствования стали появляться в большем количестве. Сейчас в течении года проводится больше исследований в области литья, чем за целое десятилетие в пятидеся- тых годах.

Не умвняшая важности и занима- тельности процесса изготовления питейной формы и заливки металла, следует заметить, что пик творчества это изготовление модели. Большая часть своеобразия готового изделия — его форма, пропорции, контуры, и обычно его поверхность — все решается именно здесь. Успех или неудача при изготовлении литейной формы и заливке металла определяется как степень соответствия исходной модели и готовой отливки. Каждый мастер способен оценить «спонтанный ди- зайн» (счастливую случайность), но важно управлять технопогическим процессом.

Если позаимствовать идею у извест- ного автора книг по ремеслу Дэвида Пая, модель — это «кладезь времени и таланта» её создателя. Профессиона- пизм дизайнера и модельщика может быть реализован посредством профес- сионализма формовщика и питейщика. На самом депе, при наличии постоян- ной (многоразовой) литейной формы он может быть даже растиражирован. Технические навыки, неважно на- сколько они значительны, не смогут исправить недостатки исходной моде- пи. Самое замечательное мастерство при отливке по бездарной модели даст лишь бездарную копию.

Разделение труда в мастерстве металлообработки почти так же старо,

как само мастерство. На древнееги- петских изображениях показано, как подмастерья выпоняют черновую работу для квалифицированных масте- ров. В этой и в большинстве других культур, как правило, мастер приобре- тал навыки и положение, последова- тельно проходя все цеховые ступени. Хотя мастеру и не приходилось потом трудиться на подсобных работах в мастерской, но знания приобретались пичным — и обычно длительным — опытом. В позднейших культурах и, в особенности, с начала индустриальной революции в XIX в. в литейные мастер- ские стали по мере надобности прини- мать свободных наемных рабочих. По этой причине стало возможным найти модельщика, который лишь смутно представляет последующий технологи- ческий процесс, посредством которого именно эта модель будет превращена в отливку.

Если в этой книге и есть какая-то посыпка, так это то, что такая узкая специализация не слишком ценна, а подчас, возможно, и губительна для мастера. Когда ювелир имеет дело с небольшими сериями изделий или с уникальными экземплярами, для него в порядке вещей делать всю работу от начала до конца своими руками. В нашем мире, ориентированном на узкую специализацию пичности, такая работа обладает змоциональной притягательностью и вознаграждается психологически.

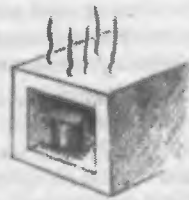
Форма, масштабность и образность модели имеют больше общего с дизай- ном — категорией эстетической, — чем собственно с процессом литья — техническим аспектом. Изучение дизайна — столь же захватывающий, сколь и важный процесс, но это выхо- дит за рамки данной книги. Качествен- ный дизайн — это алхимическая смесь восприятия, вдохновения, прилежания и чувства материала. Здесь мы вынуж- дены поощрять старательность, воз- награждать восприятие, надеяться на вдохновение и остановить свов внима- ние на технике.

На сегодняшний день наиболее широко распространенной техникой литья ювелирных изделий является литье по выплавляемой модели. Популярность этого метода объясняется тем, что он обеспечивает постоянное получение чистых отливок при минимуме оборудования. В следующих главах приведено детальное описание процесса.

Потратив относительно небольшое количество времени и денег, любой мастер сможет освоить литье по выплавляемой модели. Однако следует заметить, что не у каждого есть достаточно места, характера или необходимости, чтобы обустроить полностью оборудованную литейную мастерскую. В конце этой книги вы найдете адреса некоторых из многих компаний, занимающихся литьем. Эти компании сослужат хорошую службу тем мастерам, чьи возможности ограничены.

Литье по выплавляемой модели

1. Из воска или другого полностью сгораемого материала изготавливают модель.
2. Модель укрепляют на восковом стержне, который называется литником.
3. Снабженную литником модель и открытый с двух сторон водонепроницаемый цилиндр (опоку) устанавливают на основании.
4. Гипсоподобный материал, называемый формовочной смесью, разводят до густоты сметаны и заливают в опоку с моделью. Надо позаботиться о том, чтобы из смеси были удалены пузырьки воздуха.
5. После того как формовочная смесь высохла, форму прокаливают (выжигают) в печи, чтобы удалить все следы модели.
6. В еще не остывшую после выжигания форму заливают (или загоняют под давлением) расплавленный металл, где он и принимает форму, соответствующую форме модели.
7. Слегка охладив форму на воздухе, ее опускают в холодную воду, где формовочная смесь растрескивается, и освобождает отливку.



В процессе литья с использованием формовочной смеси первым шагом будет изготовление модели, являющейся точной копией отливаемого объекта. Эстетика изделия (его форма, массивность, поверхность, текстура) тесно связана с материалом, который при этом используется. Что касается этих факторов, то лучшие учителя – экспериментирование и опыт. Воск – наиболее популярный материал для изготовления моделей, так как его состав можно изменять с целью достижения различных свойств, и он чисто выгорает.

Воски

Поскольку воск является привычным материалом, при работе с ним легко потерять бдительность. Не стоит. Это может привести к серьезным последствиям. Воск, перегретый до опасной температуры 260°C выглядит точно также как и при 65°C. Брызги воска могут попасть на кожу и вызвать глубокие ожоги. Для оказания первой помощи всегда держите под рукой емкость с холодной водой.

Плавьте воск только на водяной бане. Это может быть простая жестянка, помещенная в кастрюлю с водой, но, тем не менее это очень важно. До тех пор, пока в большем сосуде есть вода, воск не перегреется выше ее температуры кипения. Если вы плавите воск непосредственно горелкой или на открытом пламени, всегда есть вероятность, что он достигнет температуры вспышки и самовоспламенится. При этом горящий воск может разбрызгаться на большое расстояние и причинить серьезные неприятности.

При плавлении большинство восков увеличивается в объеме. Поэтому небезопасно устанавливать емкость с твердым воском на горелку. Нижний слой будет плавиться и расширяться, оставаясь запечатанным под твердой верхней коркой, это приведет к росту

давления. В определенный момент корка ослабнет, а давление повысится настолько, что произойдет взрыв, опять же способный привести к опасным последствиям. Держите емкость как показано на рисунке, независимо от того, даете ли вы воску затвердеть в сосуде или переплавляете его.



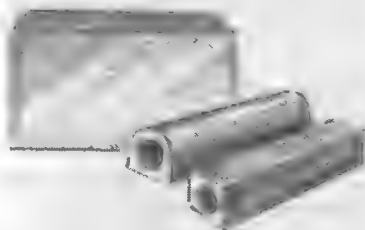
Воски изготавливают из трех разновидностей компонентов, очищенных и смешанных с целью достижения определенных свойств.

1. ВОСКИ – белый пчелиный, карнаубский, пальмовый воски, церезин, озокерит (минеральные воски) и синтетические воски.
2. СМОЛЫ – даммара, канадский бальзам, копал, шеллак, канифоль.
3. НАПОЛНИТЕЛИ – тальк, крахмал, мел, мыльный камень, пемза и древесная мука.

Каждая разновидность воска имеет свои точки ликвидуса и солидуса — первая соответствует температуре, при которой воск плавится; вторая — температуре, при которой он застывает. Между этими точками существует температурный промежуток в котором воск легко поддается обработке, так называемый интервал пластичности. Будет полезно знать эти точки и величину промежутка между ними. Можно ограничиться оценкой «на глаз», но по-настоящему аккуратная работа заслуживает того, чтобы провести тест с целью точного определения интервала пластичности воска, с которым вы имеете дело.

Расплавьте в жестянке на водяной бане небольшое количество воска. Когда воск растечется пужицей, измерьте его температуру кондитерским термометром. После того, как весь воск расплавится, выньте жестянку из водяной бани. Наблюдая за термометром, отметьте, когда на поверхности воска начнет застывать корка. Эти две точки и будут температурами ликвидуса и солидуса.

Воски для резьбы



С этими восками работают, удаляя лишний материал. Им придают форму обстругиванием или опиливанием, подобно тому, как скульптор работает с камнем или деревом. Воски для резьбы поступают в продажу в виде блоков, трубок, прутков и листов различной толщины; большинство из них слишком твердые, чтобы их можно было бы гнуть или формовать пальцами. Поскольку каждый производитель использует свой собственный цветовой код, не ждите, что синий воск одной фирмы будет вести себя так же, как синий воск другого производства. Экспериментируйте, чтобы подобрать воск, который наилучшим способом подходит к стилю вашей работы.

СМЕШИВАНИЕ ВОСКОВ

Для того чтобы создать материалы с определенной твердостью, гибкостью, вязкостью и температурой плавления, воски очищают, отбеливают и смешивают. Затем их окрашивают для того, чтобы разные типы различались по цвету и при работе не возникало перенапряжение глаз. Для изготовления моделей годится любой воск, от ушной серы до хозяйственного парафина, но большинство мастеров предпочитает покупать готовую к употреблению продукцию.

Можно получать уникальные воски. Смешивая два или три различных воска для литья. Так как они продаются свободными от загрязнений, в результате смешивания почти всегда получается пригодный для работы воск — пока вы следите, чтобы он не был загрязнен или перегрет во время приготовления. Выгорание каких-либо компонентов изменяет воск, обычно к худшему, делая его бледным, хрупким и иногда полным воздушных пузырей.

КЛЕЙ

ПОДГОТОВКА БЛОКА

Исходя из одного блока можно получить любую форму, однако, бывают случаи, когда на это уходит слишком много времени и материала. При



создании обобщенной формы изделия зачастую более эффективна сварка нескольких блоков.

Чтобы прочно соединить два восковых блока, необходимо расплавить их в точке контакта. Это можно сделать пламенем спиртовки или электрическим паяльником. Прижмите расплавленные поверхности друг к другу слегка вращающим движением и, прежде чем начнете резать, оставьте воск до полного затвердения (около минуты или пока не восстановится исходный цвет). Будьте осторожны, не притрагивайтесь к расплавленному воску: он прилипнет к коже и может вызвать ожог.

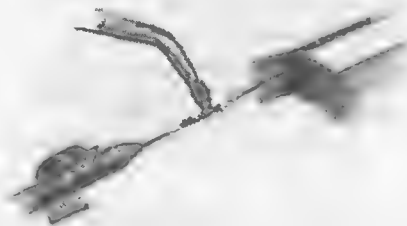
Распиливание

Для резки воска годится любая пила, но некоторые работают лучше, чем другие. Сгодится и ювелирная пила, однако при работе она разогревается и плавит воск в месте распила. Если полотно остановится хотя бы на несколько секунд, воск вдоль него застынет, и пила застрянет. Ленточная пила, слесарная ножовка или лучковая пила лишены этого недостатка, но ими нельзя работать в труднодоступных местах модели.

Спиральная пила — это ювелирная пила, которая в процессе изготовления скручивается таким образом, что ее зубья смотрят наружу во всех направлениях. После нее остается широкий пропилен, края которого не слипнутся друг с другом. Могут возникнуть некоторые трудности в том, чтобы точно направлять пилку, поэтому работайте с внешней стороны разметки.

Спиральные пилки можно купить у большинства поставщиков ювелирного инструмента, но если возникла

неотложная необходимость, их можно сделать самостоятельно. Зажмите один конец пилки в тисках, а другой в ручных тисках или плоскогубцах. Нагрейте пилку до ярко-красного свечения пламенем горелки и скрутите. Возможно, окажется, что вы можете держать нагретым до такой температуры участок сантиметра в полтора. Скрутите его и переходите к следующему. Поскольку такая пила предназначена для работы по мягким материалам, нет нужды закалять и отпускать ее.



ОПИЛИВАНИЕ

Большая часть резьбы по воску выполняется при помощи напильников с грубой насечкой, которые работают быстро и не забиваются. Хорошим выбором будут те, что продаются для работы по мягким материалам, таким как дерево, пластик или белые металлы; их можно приобрести в хозяйственных магазинах или у поставщиков ювелирного инструмента. Напильники этого типа обычно большие и тяжелые, что может быть неудобным при ювелирной работе, особенно когда это работа с небольшим кусочком

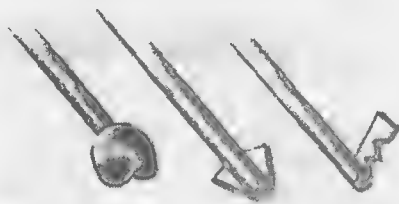
Для более тонкой работы производители ювелирного и литейного инструмента продают напильники с грубой насечкой, предназначенные специально для работы по воску. Они недорогие, но это самый подходящий инструмент. Если использовать их только по воску, как и должно быть, то они будут служить вам всю жизнь.

Для работы с воском годится любой напильник с верстака мастера по металлу. Тонкая насечка работает медленно и склонна забиваться, но это не более чем неудобство, с которым легко справиться. Тонкий слой талька, кукурузного крахмала, порошка мела или силиконовой смазки предотвратит забивание напильника. Если необходимо, используйте для очистки специальную корду или мягкую латунную или стальную щетку, но не пытайтесь выжечь налипший воск. Это приведет к тому, что он будет липнуть еще лучше. Очень важно очищать напильники перед тем, как вновь работать ими по металлу, так как небольшие частицы воска могут безнадежно испортить пайку. И наоборот, частицы металла могут попасть с напильника в воск и загрязнят последующую отливку. Будет разумным иметь два отдельных набора напильников, боров и два набора для работы с воском и металлом.

Боры

Вращающиеся фрезы и боры, закрепленные на гибком валу, обеспечивают быстроту и возможность маневрировать при резании по воску. В этом случае также предпочтителен инструмент с крупными зубцами. Тот самый, напоминающий пропеллер бор, у которого всего три лопасти, предназначен именно для работы с воском. Сферические боры можно приобрести практически везде, где продают ювелирный инструмент.

Вращающиеся инструменты (или боры на гибком валу) быстро нагреваются и даже лучший из них может забиться. Это неудобно и нарушает плавное течение творческого процесса. Чтобы избежать этого, прикасайтесь к воску вращающимся инструментом, а затем убирайте его на секунду перед тем как прикоснуться снова. Работая методом «туда-обратно», вы дадите теплу возможность рассеяться, не изменяя при этом положения рук. Такая прерывистость движения важна для достижения непрерывности формы.



Предприимчивый мастер должен иметь в виду возможность самостоятельного изготовления и модифицирования инструмента по мере надобности. Потраченное время будет возмещено эффективностью работы. Возьмите старую оправку или гвоздь и припаяйте к ним кусочки латуни, мельхиора или стали.

СКОБЛЕНИЕ

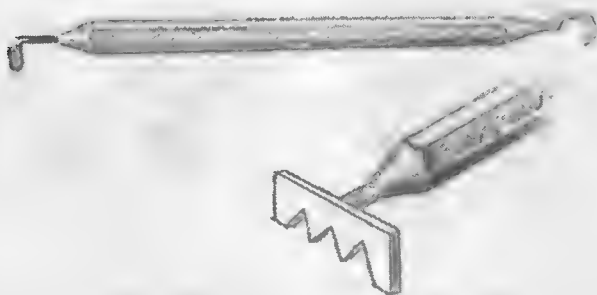
Хорошо заточенное лезвие, расположенное под прямым углом к поверхности, может снимать с воска тонкую стружку. Поверхность при этом остается гладкой, и процесс прекрасно поддается контролю. Строгать можно лезвием ножа, бритвой, трехгранным шабером или инструментом произвольной формы, сделанным в соответствии с контурами определенного изделия.

Скобление или любой другой способ резьбы при помощи лезвия на ранних стадиях изготовления модели обычно требует слишком много труда. Имейте в виду, что строгание больше подходит для того, чтобы модифицировать уже существующую форму. Будет затруднительно выскоблить из прямоугольного блока, к примеру, круглую шинку. В этом случае лучше сначала оформить общие контуры изделия при помощи, сперва, пилы, а затем, напильника. Когда же общая форма уже намечена черне, соскабливание будет эффек-

тивным способом отточить дизайн.

Зубоврачебные инструменты великолепно подходят для скобления. Их можно приобрести у поставщиков ювелирного инструмента, а иногда и у дантиста, чей сломанный инвентарь продолжает таить огромные возможности для изготовления моделей. Эти инструменты сделаны из незакаленной, нержавеющей стали, их можно обрабатывать напильником и наждачной бумагой.

Чтобы получить крутой изгиб, нагрейте инструмент в пламени горелки и согните. При красном калении можно выполнять и ковку, однако, даже при такой температуре контроль затруднителен. Приспособления особой формы можно сделать из латуни или стали, и припаять к ручке серебряным припоем. Такие инструменты не изнашиваются при правильном использовании, так что потраченное на них время будет возмещено многими годами службы.



Оттиск текстуры

На предназначенном для резьбы воске можно отпечатать текстуру любой поверхности, свободной от поднутрений и способной выдержать нагревание до 160°C. Держите блок в руке, на которую надета защитная перчатка, или зажмите его в ручных тисках, нагрейте одну из его плоскостей пламенем горелки или электрическим паяльником. При работе «в полевых условиях» сгодится обычная зажигалка. Когда вся поверхность воска приобретет одинаковый блеск, плотно прижмите воск к нужной поверхности. В большинстве случаев воск отстает без применения каких-либо разделяющих реагентов.

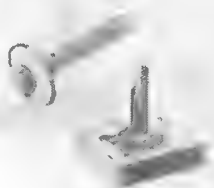
Механические приспособления

Воск для резьбы можно обрабатывать на токарном или сверлильном станке, или с помощью любого подобного электрического инструмента. Особенности выбора могут варьироваться в зависимости от размеров изделия, от того, какие инструменты есть под рукой и от воображения мастера.

Токарные заготовки небольшого размера можно выточить при помощи сверлильного станка или закрепленного в тисках гибкого вала. Просверлите отверстие в куске воска, затем оберните сверло бумажной салфеткой. Вращательно-скользящим движением плотно насадите воск на место. Работайте на малых оборотах, обтачивая вращающийся воск. Для удаления воска используйте лезвие ножа, стихели, напильники или скребки. Наденьте защитные очки и противопылевую маску. Хитрость здесь заключается в том, чтобы работать медленно, следя за тем, чтобы не заглубиться сильно за один проход. Это может привести к тому, что воск соскользнет со сверла, и его придется укреплять заново.



ШПИНДЕЛЬ С ПЛОСКОЙ ПЛОЩАДКОЙ



В этом случае шпинделем будет болт, а площадкой — стопка шайб. Разумеется, можно вырезать диск из листа латуни или мельхиора; годится и монета. Не забудьте сгладить все острые края опиливанием.

Нагрейте воск так. Чтобы его поверхность подплавилась, затем нагрейте болт и вожмите его в воск. Небольшие отверстия в диске увеличат прочность соединения. Когда все остынет, закрепите шпиндель в патроне гибкого вала и начинайте токарную обработку. Работайте в защитных очках и респираторе, чтобы предохранить себя от воздушной взвеси воска.

Как и в предыдущем случае, здесь важно работать без спешки, иначе при слишком большом усилии соединение

ослабнет и воск сдвинется. Поскольку заново отцентрировать воск на шпинделе непросто, осторожность будет гораздо эффективнее починки.

Еще один метод состоит в том, что в восковом блоке проплавляют плоскость заранее нагретым электрическим паяльником. В эту полость с расплавленным воском надо быстро опустить подогретый гвоздь или фрезу и оставить до застывания. Для удерживания можно использовать защелкивающийся пинцет — «третью руку».

Любой из этих способов, как и их вариации, годится для закрепки воска при токарной обработке с помощью других вращающихся механизмов.



РАСЧЕТ ВЕСА

Типичная проблема начинающих – тенденция к созданию слишком тяжелых изделий. Если вы будете понимать причины попадания в эту ловушку, вы сможете избежать ее.

Воск для резьбы хрупок, особенно по сравнению с металлом, материалом, привычным для большинства ювелиров. После нескольких поломок новички осознают хрупкость воска и боятся истончать его. Кроме того, воск в десять-двенадцать раз легче металла, из которого будет сделана отливка. Правильно изготовленная модель ювелирного изделия может быть такой легкой, что рука не почувствует ее веса. Для большинства работающих с металлом это необычное ощущение и мы инстинктивно склонны не доверять ему. Очень важно помнить, что конечный объект будет сделан из металла и будет иметь прочность, вес и стоимость металла.

Те, кто знаком с работой по металлу, могут думать в привычной системе отсчета. Насколько массивна эта часть по сравнению с обычной шинкой кольца? Какова толщина этой части согласно системе B&S? Какая толщина была бы достаточной, если бы вы работали непосредственно с метал-

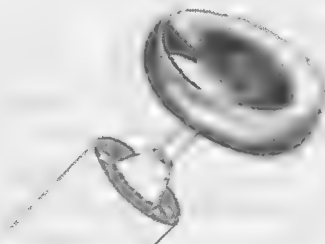
лом? Толщину воска можно контролировать на просвет; более тонкие участки будут более бледными по цвету. Для наглядности вырежьте из воска клин, промерьте его и используйте в качестве шкалы «Цвет – толщина». Это можно сделать с помощью измерителя для камней или подобного ему инструмента.



Как уменьшить массу модели

Первые шаги к уменьшению массы должны быть предприняты еще на стадии планирования общей формы и пропорций изделия. Если готовая модель слишком тяжела, иногда возможно выбрать некоторые участки с ее внутренней стороны. Это можно делать самыми разными инструментами, однако, наиболее частый выбор – выскабливание или высверливание вращающейся фрезой.

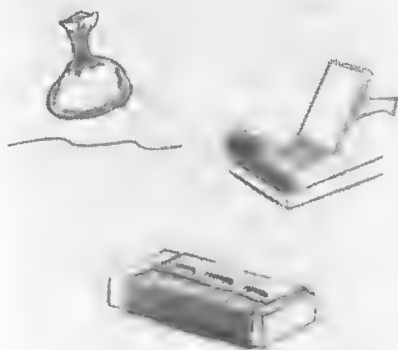
За информацией о том, как взвесить модель и рассчитать вес готового изделия обращайтесь к главе 2.



Заключительная отделка твердых восков

После окончания формовки резной воск выглаживают тонкими надфилями, нейлоновым чулком или бумажной салфеткой. Эти материалы предпочтительнее наждачной бумаги или стальной ваты, которые могут оставить на воске прилипшие частицы абразива или вощина.

Вид поверхности воска после полировки должен воспроизводить вид поверхности готового изделия так точно, как это только возможно. Помните, что несколько легких прикосновений к воску сэкономят вам многие минуты работы по металлу. Небрежность при отдежке воска приведет не только к трате времени, но и к перерасходу металла и истиранию изделия. Восковая модель должна быть идеальной.



Мягкие абразивы, такие как тампон из нейлонового чулка, движутся по поверхности изделия, выявляя ее особенности. Если поверхность слегка волнистая, тампон углубит впадины и волнистость усилится. Мягкие абразивы подходят для округлых природных форм. Если изделие должно иметь плоские грани, используйте жесткий инструмент вроде напильника или грубой бумаги, наклеенной на плоскую дощечку (например, на палочку от мороженого). Для окончательной отделки воспользуйтесь жесткой тканью типа джинсовой или твила, натянув ее на плоскую дощечку.

Скребки могут оставлять на поверхности модели тонкие линии. Чтобы сделать их более отчетливыми, прополилите на лезвии скребка зубчики. При перекрестном движении этого инструмента получается матированная поверхность. Такая обработка рекомендуется для участков, которые будут подвергаться сильному износу, либо трудных для полировки, либо в дальнейшем подлежащих патинированию. Когда поверхность, которую нужно матировать, труднодоступна для скребка, используйте для пунктирной обработки этой поверхности кончик иглы.

ИСПРАВЛЕНИЯ

Чтобы ликвидировать поломки или внести изменения в дизайн восковой модели, нагрейте иглу в пламени спиртовки или горелки и прикоснитесь ею к месту шва. Убедитесь, что обе соединяемые поверхности расплавлены, иначе соединение будет непрочным. При таком способе соединения деталей могут оставаться зазоры; подогреть нужное место, его заполняют небольшими каплями расплавленного воска. Таким образом, можно сглаживать некоторые особенности конструкции и текстуры. Начинающие модельщики должны помнить об этом и свободно экспериментировать в процессе создания формы.

Когда бы вы ни плавил воск, избегайте вдыхания паров. Они могут содержать нефтяные дистилляты и вызывать раздражение глаз и тошноту.

УТИЛИЗАЦИЯ ОБРЕЗКОВ ВОСКА

Воск можно использовать повторно только до тех пор, пока он свободен от инородных включений. Это очень важно, поскольку даже крошечные частицы могут привести к неприятностям, если они попадут в критическое место модели. Частицы постороннего металла могут оказать разрушительное действие при литье, особенно если вы имеете дело с белыми металлами.

Рассортируйте обрезки воска и отбросьте те, которые загрязнены. Остальные сложите в стальной контейнер и медленно нагрейте в духовом шкафу. Следите за тем. Чтобы воск не перегрелся до появления дыма. Как только воск расплавится, сразу же прекратите поднимать температуру и установите ее на достигнутом уровне. Необходима вентиляция, поскольку могут выделяться резко пахнущие и ядовитые пары.

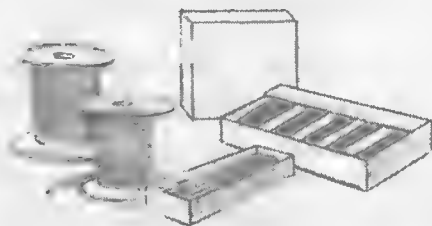
Можно дать воску застыть в том же контейнере, однако блок будет проще вынуть, если вы первльете воск в

емкость другого типа. Сделайте ее из топстой алюминиевой фольги, складывая вручную или сформируйте на банке или коробке. Чтобы воск не так сильно прилипел, смажьте фольгу жидким мылом или сбрызните разбрызгивающим силиконовым спреем.

Если вы подозреваете, что в воске есть посторонние включения, процеди-те его через кусок металлического сита (которое потом будет не жалко выбросить) или через редкую ткань. Дайте воску медленно остыть.

Восковые листы делают, наливая расплавленный воск на чистую плоскую поверхность, например, на лист стекла или плексигласа или в плоскую сковороду, на палец заполненную кипящей водой.

Воск для лепки



Мягкие воски формуют способом наложения дополнительных слоев. Для изготовления ювелирных моделей используют как мягкий, так и твердый воск, но с точки зрения дизайнера эти два семейства различаются как дерево и глина.

Как и воск для резьбы, воск для лепки делают из смеси смол, восков и наполнителей. Эти ингредиенты смешивают в таком соотношении,

чтобы в результате получился достаточно мягкий воск, который можно гнуть, формировать резанием, штамповкой и прищипыванием.

Лепной воск продается в виде блоков, листов и проволоки с поперечным сечением практически любой конфигурации. Он окрашен в радугу цветов, но, как и в случае с воском для резьбы, не в соответствии с универсальной системой, а по прихоти изготовителя.

Нагревательные приборы

Тепло — необходимое условие при работе с легким воском. Обычно источником тепла служит спиртовка, но вместо нее можно использовать пламя свечи или горелки.

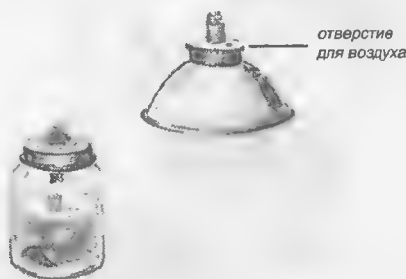
Пламя свечи загрязняет воск копотью, поэтому работать с ним следует лишь, в крайнем случае. С каким бы нагревательным прибором вы ни работали, расположите позади пламени черный матовый экран, чтобы меньше уставали глаза. Он должен быть сделан из огнеупорного материала, например из металла, покрытого краской.



СПИРТОВКИ

Спиртовка мастера-модельщика представляет собой просто стеклянный сосуд с плотно закрывающейся крышкой, в которую впаяна короткая трубка. Через эту трубку пропущен хлопковый фитиль, по которому благодаря капиллярным силам подается горючее. Удобное приспособление — поднимающий фитиль регулятор на трубке. С его помощью можно выдвинуть горящий фитиль; в противном случае, это придется делать пинцетом.

Спиртовку можно сделать, как показано на рисунке, из маленькой стеклянной баночки (например, из под детского питания). Еще лучше будет изготовить спиртовку из жестяной



масленки (не разобьется, если упадет). Отпилите большую часть носика и просверлите отверстие для воздуха, как на рисунке. Через несколько лет такая спиртовка может проржаветь насквозь, в этом случае ее надо выбросить и заменить ее на новую.

ГОРЮЧЕЕ

В магазинах лакокрасочных товаров можно приобрести денатурированный спирт, который продается там в качестве растворителя. В универсальных магазинах продают горючее для декоративных ламп. Оно часто ароматизировано, что является излишеством, но воску вреда не причинит. Откажитесь от заменителей. Скорее всего, они окажутся более летучими, чем того требует безопасность. Ни при каких обстоятельствах не пользуйтесь бензином и не помещайте емкость с горючим на открытое пламя.

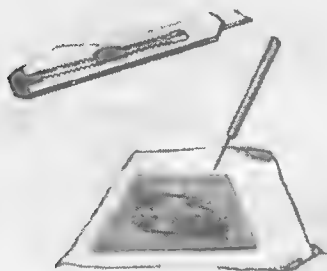
Очень удобно хранить пластиковую воронку рядом с запасом спирта для спиртовки. В случае пролива, дайте луже полностью испариться, прежде чем зажжете спичку.



РЕЗАНИЕ ЛИСТОВОГО ВОСКА

Полезные инструменты для такой работы – трафареты и лекала, вырезанные из тонкого плексигласа. С помощью алфавитного пластикового трафарета и иглы можно выдавливать или вырезать буквы. При работе с листовым воском также хороши просечки или трубчатые сверла для бумаги.

Воск может скалываться при резке, особенно в холодную погоду. Чтобы избежать этой проблемы, перед началом работы опустите воск в сосуд с теплой, но не горячей водой. Чтобы

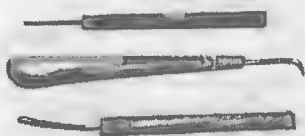


не намочить рисунок, положите на него лист стекла или плексигласа.

Модели из мягкого воска нарастают подобно росту снежного сугроба или сосульки, через последовательное наложение слоев. В некоторых случаях первым шагом будет кройка листового воска при помощи выдвигного резака или нескольких переходов острием иглы. Так как листовый воск прозрачен, его можно положить прямо на предназначенный для копирования рисунок.

Чтобы отпечатать на листовом воске буквы и слова, согретьте его в теплой воде и хорошо стряхните. Работая быстро, положите воск между двумя листами упаковочного пластика и вставьте в пишущую машинку. Отключите подачу пишущей ленты и отпечатайте слова. Чтобы воск оставался теплым, направьте непосредственно на него свет лампы. При известной осторожности для поддержания нужной температуры воска можно использовать фен.

Инструменты



При работе с воском инструмент является непосредственным продолжением руки и должен быть удобным в каждом смысле этого слова. Длина инструмента, обычно около 15 см, но для каждого мастера она может быть своя. Базовый инструмент имеет форму иглы и лично я, предпочитаю иглу с легкой деревянной рукояткой любому инструменту, с которым доводилось работать. Купить такие иглы можно там же, где продают глину для лепки (иногда их называют) или в магазине наглядных пособий – там их называют биологическими иглами.

Мне нравится их небольшой вес, и во время работы я часто переворачиваю инструмент, чтобы при помощи его рукоятки приглаживать или гнуть воск. Другие инструменты для моделирования можно сделать из обрезков стальной проволоки, латуни или зубо-врачебных инструментов. Рукоятки необходимо теплоизолировать деревом или изолентой.

Выбор инструмента во многом зависит от окончательного вида изделия. По мере того как будет формироваться ваш личный стиль, экспериментируйте с инструментами и изобретайте свои собственные.

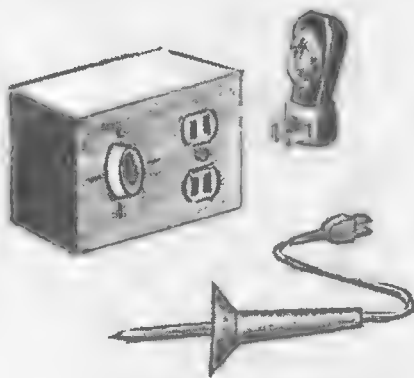
Чтобы сделать аккуратнее и удобнее кусачки для восковой проволоки, заточите в виде лезвий кончики заостренного пинцета. Этот инструмент хорош своей легкостью, быстрой действенностью и способностью проникать в труднодоступные места.

СТЕКИ ДЛЯ ВОСКА С ЭЛЕКТРОПОДОГРЕВОМ

Эти популярные инструменты предлагают альтернативу движению «туда-сюда» (нагревание-работа) при моделировании инструментом, который нагревается пламенем. Стекло постоянно подогревается изнутри, что экономит время и позволяет пристальнее сконцентрироваться на собственно моделировании. Чтобы избежать перегрева при работе с недорогим электрическим стеклом, его нужно время от времени выключать при помощи переключателя (или вынимать вилку из розетки), но инструменты лучшего качества имеют регулятор, позволяющий поддерживать постоянную температуру. При работе с ними следует опытным путем найти температуру, подходящую для воска, с которым вы работаете. Как только это сделано, можно установить нужную температуру с помощью регулятора и сфокусировать внимание на модели.

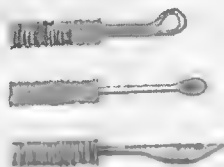
Самодельный стек для воска

Обычные паяльники и приборы для выжигания по дереву можно использовать и при работе с воском, однако, они слишком сильно нагреваются. Для того чтобы контролировать степень нагрева, поставьте на силовой щиток бытовой регулятор освещения. Для индикации работы прибора во вторую розетку этого регулятора включите маломощную лампочку (ночник). Следуйте инструкциям изготовителя касательно мощности, на которую рассчитан регулятор. Чтобы легче было устанавливать температуру, на корпус можно нанести цифры. При небольшом навыке вам удастся подобрать необходимый нагрев для каждого из ваших восков. Мне это устройство обошлось в \$20, включая паяльник.

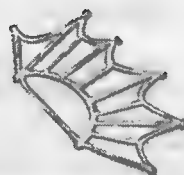


Самодельные наконечники

Конструкция большинства паяльников такова, что вы легко можете изготовить для них нужные вам наконечники. Возьмите болт с резьбой, подходящий к наконечнику паяльника и припаяйте к нему серебряным припоем отрезки жести. скрепок для бумаги или латунной проволоки.



ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВОСКОВЫХ МОДЕЛЕЙ МОНТИРОВКОЙ



При работе с некоторыми моделями легче всего начинать с каркаса из восковых проволок. Их нарезают по размеру и сваривают в точках соединения кончиком нагретой иглы. Каркас можно заполнить восковыми пластинами или капающим с проволоки воском. При правильном подходе каркас обеспечивает не только систему для изготовления модели, но и сеть, способствующую заполнению.

ПЕРВЫЙ СПОСОБ

Поднесите кончик восковой проволоки к пламени спиртовки. Он расплавится и образует каплю. Ее можно быстро перенести и капнуть на лист воска. Критический фактор – время. Если вы замешкаетесь на долю секунды, капля упадет в пламя. Если проволока недостаточно разогрета, она не пристанет к листу. Терпение и практика вскоре обеспечат вам точный навык.



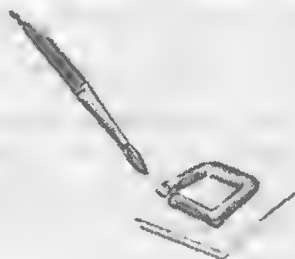
ВТОРОЙ СПОСОБ

Нагрейте иглу для воска и нацельте ее на тот участок, куда нужно добавить воск; игла должна находиться чуть выше поверхности листа воска. Прикоснитесь к игле восковой проволокой в 1-1,5 см от ее кончика. Воск расплавится, потечет по игле и попадет точно на место. По крайней мере, должен попасть. Важно следить за температурой иглы.



При нанесении больших количеств воска на нужное место можно положить восковую проволоку и залить ее дополнительным количеством воска, чтобы образовался бортик. Такую проволоку можно изготовить из мягкого воска, ее можно раскатывать ладонью на поверхности стола в «колбаску» неравномерного сечения. Отдельные участки такой «колбаски» можно быстро утолщать, наращивая множество дополнительных слоев. Также можно наносить расплавленный воск при помощи кисти. Нагрейте

баночку с воском на водяной бане и используйте ненужную кисть из мягкой щетины.



Заготовку для модели можно вылепить пальцами. Чтобы размягчить воск, опустите его в теплую воду или подышите на него. Возможно. В жаркую погоду окажется необходимым «зафиксировать» форму воска в холодной воде. Это особенно важно, когда предстоит дальнейшая работа с моделью. Если при этом возникают какие-либо трудности, модель следует укрепить на подставке, так, чтобы можно было работать, не опасаясь помять ее.

САМОДЕЛЬНЫЙ ЭКСТРУДЕР

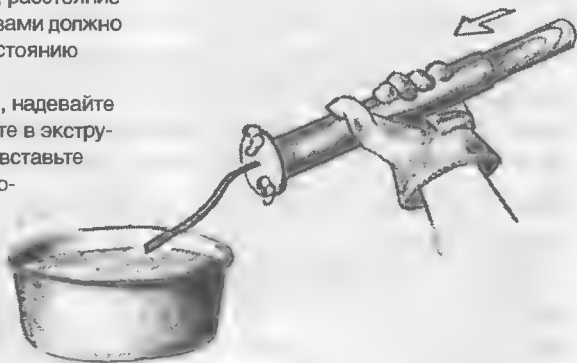
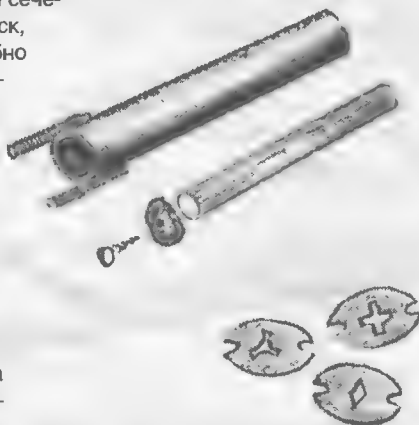
Формам проволоки, которую делают с помощью этого инструмента, практически нет числа. Продавливая через экструдер обычный мягкий воск, можно получать проволоки с необычным поперечным сечением. Если смешать очень мягкий воск, экструдер можно использовать подобно кондитерскому шприцу, получая интересные фигуры.

1. Купите отрезок металлической трубки около 30 см длиной и 2,5 см в диаметре. Вам также понадобится плотно входящий в эту трубку поршень. Если вы не можете найти подходящий по диаметру, воспользуйтесь меньшим, прикрепив к его торцу резиновую шайбу, которая обеспечит герметичность.

2. Отпилите головки у двух болтов, а оставшиеся стержни с резьбой припаяйте к концу трубки таким образом, чтобы их концы выступали вперед на 10-12 мм.

3. Из листа латуни толщиной около 1 мм вырежьте панели с фигурным отверстием, как на рисунке. Чтобы обеспечить герметичность, расстояние между направляющими пазами должно точно соответствовать расстоянию между болтами.

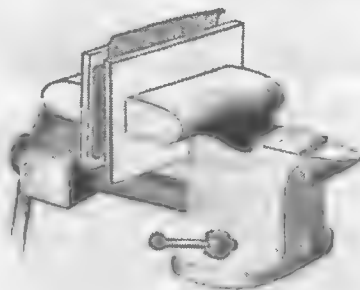
4. Работая с экструдером, надевайте защитные перчатки. Залейте в экструдер расплавленный воск и вставьте поршень. Медленно и равномерно надавливая на него, выдавите из трубки восковую проволоку. Если воск в экструдере застывает, работайте над ним над пламенем или в струе теплого воздуха от бытового фена, вращая экструдер для равномерного обогрева. Выдавливайте воск в сосуд с холодной водой.



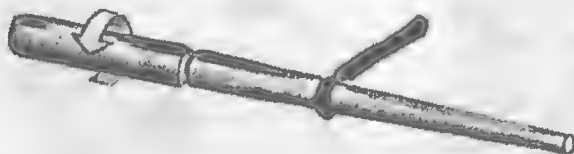
РАБОТА СО ШТАМПОМ

С помощью штампа на листе воска легко оттиснуть различные текстуры и изображения. Штампы могут быть изготовлены (в том числе травлением) из латуни или меди, причем их рельеф должен быть обратным рельефу будущей отливки.

Поместите пластину штампа в тиски, проложив ее для прочности между стальными листами, а для амортизации используйте кусок увлажненной кожи или резины. Подогрейте лист воска и защитите его с двух сторон полимерной пленкой. При сжатии губок тисков штамп вдавится в воск и оставит на нем оттиск. Таким образом, можно получать большое количество идентичных изделий.



Шинки колец



1. Перед тем как накладывать воск, покройте ригель тонким слоем разделяющей смеси, например, микрофильмом, тальком или обрызгайте маслом. Подогрейте ригель (стальной или алюминиевый) и нанесите на него слой размягченного воска. При этом нужно следить за температурой ригеля, что потребует некоторого опыта, но, тем не менее, вполне возможно изготовить за один оборот шинку постоянной толщины.

Снимите ее и, перевернув, снова наденьте на ригель, чтобы убрать конусность. Если воск прилипает, прежде чем снимать его, охладите ригель в течение нескольких минут под струей холодной водопроводной воды.

2. Другой способ получения заготовок для колец включает наращивание листового или проволочного каркаса. Это можно сделать на коническом ригеле, но я предпочитаю работать на цилиндрическом. Поставщики ювелирных инструментов продают наборы алюминиевых стержней, проточенных до целых и половинных размеров колец, которые крепятся к стойке в удобном для работы положении. В качестве альтернативы можно использовать пятнадцатисантиметровую деревянную цилиндрическую оправку.

Скорректируйте диаметр оправки до нужного, при помощи липкой ленты, при необходимости наматывая или сматывая ее, чтобы диаметр оправки в точности соответствовал диаметру кольца. Чтобы воск не прилипал к ленте, покройте ее смазкой или полимерной пленкой. Время от времени поворачивайте модель, чтобы она не прилипла.



После того, как форма модели в основном завершена, ее уточняют, убирая или добавляя воск. Воск можно соскабливать инструментом в форме миниатюрной ложечки, сделанной из латуни или мельхиора, или из зубо-врачебного инструмента. При работе с некоторыми восками (и особенно — в холодную погоду) возможно, будет желательно подогреть инструмент в пламени, но обычно воск соскабливается при комнатной температуре. Подогревая инструмент, избегайте перегрева. Даже небольшой просчет может привести к тому, что горячий инструмент сильно повредит модель. Держите под рукой салфетку или тряпочку, чтобы убирать лишний воск после каждого прикосновения.

Помните, что одно только нагревание не уберет воск. Он остынет и затвердеет примерно там же, где и находился. Чтобы снять расплавленный воск, прикоснитесь к нему горячей иглой и либо дайте ему стечь по игле, либо промокните бумажной салфеткой. Чтобы сделать отверстие, проколите воск горячей иглой и выньте ее. Слегка подуйте на пятнышко расплавленного воска, и появится отверстие. На рабочую поверхность под брызги, поэтому я советую подстелить ненужный лист бумаги, как на рисунке.



Полировка



При работе с лепным воском почти никогда не используют напильники. Они рвут форму, забиваются и будут совершенно бесполезны. Наждачная бумага и стальная вата также неприемлемы для лепного воска. Стальная вата особенно плоха, так как она оставляет стальные волокна, которые засоряют литейную форму, и будут заметны в готовой отливке.

Для того чтобы сделать гладкой поверхность лепного воска, нагрейте иглу и мягко водите ее кончиком по поверхности модели. Чтобы сгладить поверхность модели, некоторые модельщики проводят ее сквозь пламя спиртовки, но это рискованно. Прежде чем пробовать этот способ, попрактикуйтесь на обрезках воска, и применяйте его только в том случае, если вы уверены в скорости вашей реакции. Секундное промедление — и все ваши труды по изготовлению модели пойдут прахом.

Иглу для надувания спортивных мячей можно превратить в миниатюрную бунзен-овскую горелку. Закрепите иглу в резиновом шланге, присоединенном к источнику пропана или природного газа и очень осторожно выгладите пламенем поверхность

СПОНТАННЫЕ ЭФФЕКТЫ

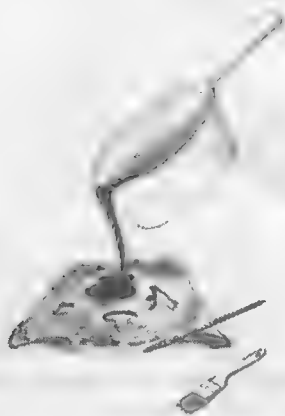
Выливая воск на различные материалы, можно получить много интересных форм и текстур. Полученные образцы можно обрабатывать любым из вышеизложенных способов.

Никогда не нагревайте воск до температуры вспышки. При этой температуре, которая для каждой разновидности своя, воск неожиданно воспламеняется. Это очень опасно. Следите за процессом плавления и убирайте нагрев сразу же, как только воск станет жидким. Для плавления воска всегда используйте водяную баню, помещая сосуд с воском в емкость большего диаметра, в которую налита вода до уровня 2-3 см. добавляйте воду по мере выкипания.

Лейте воск:

- В воду (результат зависит от температуры)
- На старую обветренную древесину (хорошо смоченную водой)
- На стальную плиту
- На бетон
- На листья
- На древесные стружки
- На пластиковые обертки

ГЛИНЯНЫЙ РЕЛЬЕФ



Вы сможете получить интересные и неожиданные результаты, заливая воском сделанные в глине оттиски различных рельефов и текстур. Используйте гончарную или любую другую глину, замешав ее с водой. Детский пластилин не годится, так как он расплавится от соприкосновения с горячим воском.

Раскатайте или разомните глину в лепешку и сделайте на ней оттиски, например, вдавливанием, волочением, резкой. Помните, что на воске получится рельеф, обратный (негативный) рельефу глины.

Воск на глину лейте или наносите кистью. При заливке, возможно, окажется необходимым сделать из глины ограничивающую стенку. Если вы работаете кистью, бросайте расплавленный воск на глину резким движением запястья. Как бы вбивая его в небольшие углубления. Для работы с глиняным рельефом лучше всего подходят воски для лепки или инкрустации, так как в жидком состоянии они особенно текучи.

Момент затвердевания воска обычно определяют, наблюдая за изменением его цвета по мере охлаждения. Через минуту-две отделите воск от глины и сполосните под холодной водой. Включения можно удалить с помощью мягкой кисти. Восковые детали можно резать ножом или ножницами, их можно гнуть, формовать, моделировать и комбинировать, как и при работе с любыми другими восковыми моделями.

Органические материалы

Многие органические объекты хорошо выгорают и могут быть использованы для отливки. Имейте в виду, что вам придется поэкспериментировать. Поскольку каждый материал обладает своими уникальными свойствами. Вот несколько факторов, о которых следует помнить.

- Содержание воды в модели повлияет на ее способность сохранять форму в процессе формовки и выжигания. Растительные материалы, собранные осенью, будут более сухими, чем собранные весной, и эта разница может сыграть решающую роль в успехе либо провале литья.

- «Листоподобные» материалы, как правило, выгорают; «древopodobные» — как правило, нвт. Здесь может возникнуть путаница, поскольку между этими двумя типами нет четкого различия. Я убедился, что одни сосновые шишки выгорают чисто. В то время как от других остается некоторое количество угля, препятствующего заполнению питейной полости. Экспериментирование — лучший способ определить, какой материал даст чистую отливку.

- Вес и влага гипсоподобной формочной смеси могут сильно исказить природную модель. Формовочная смесь сомнет распустившийся цветок, так что даже полная отливка будет представлять собой жалкий неряшливый комок. Чтобы упрочнить модель, покройте одну из ее сторон воском. Обычно это делают, осторожно заливая поверхность воском или нанося кистью. Цветок можно также покрыть аэрозольным лаком или краской. Помните, что во время выжигания будет выделяться особенно ядовитый дым. Включите вентиляцию и покиньте помещение.

- Очень тонкие детали не отопьются, так как поверхностное натяжение металла не позволит ему проникнуть в узкие щели, тонкие части. Такие как крылья насекомых, должны быть утоплены с помощью воска, лака. Краски или клея.

- Кости и раковины обычно не выгорают полностью. Если вы хотите поработать с ними, устройте в литниковой системе повушки для пепла, где будут собираться несгоревшие остатки, и увеличьте время выжигания.

Готовые пластмассовые объекты

Большинство пластмасс выгорает без остатка, тем самым, предоставляя мастеру — модельщику широчайшие возможности. Газы, выделяющиеся при плавлении пластика, могут быть токсичными и должны тщательно выводиться. Работайте с пластмассовыми моделями в просторном помещении с хорошей вентиляцией. Особенно важна вытяжная вентиляция при выжигании пластмассовых моделей. Пренебрегая этими правилами безопасности. Вы рискуете своим здоровьем.

Вокруг нас изобилие пластмассовых предметов: детали из наборов для конструирования, техника, в том числе и бытовая — все это источники сырья. Огромное количество интересных объектов несет в себе некоторые трудности, поскольку есть совсем просто трансформировать пластмассовый предмет в металлический. Это только лишь упражнение в технике, а в остальном не представляет большой ценности. Основная задача при отливке пластмассовых объектов — подходить к их использованию творчески, придавая им новое и необычное значение.

Твердые пластмассы

Пластмассовые предметы, которые слишком массивны для отливки в металле, можно сделать тоньше путем опиливания, выпиливания или высверливания борами. Не нагревайте объект, если не хотите исказить его форму. Полипропилен (из него делают контейнеры хоподипьникоа и молочные бутылки) обычно обеспечивают чистую отливку; его можно использовать вместо пистового воска. Прозрачные материалы предпочтительнее непрозрачных.

Было бы хорошо провести предварительный тест на образце материала, прежде чем тратить время на модель, отливка которой может не получиться. Если у вас есть несколько экземпляров готового предмета, сделать это будет легче всего, заформовав и отлив один из них. Для такой предварительной отливки можно использовать пюбой металл.

После отливки проверьте ее целостность и качество поверхности. Отсут-

ствующие детали и большие пустоты указывают на то, что в изложнице остались невыгоревшие части модели, которые не позволяют металлу заполнить всю попость. Может быть, необходимо более долгое время выжигания. Ипи может быть, этот предмет просто непызя выжечь.

Чтобы провести более простой, но менее доказательный тест, поместите образец материала модели в небольшую жестяную банку и накройте ее обрезком металла (патуни, стали и т.д.). Нагрейте печь до 650° затем проверьте, нет ли в банке остатка. Если нет, скорее всего, этот материал будет выгорать начисто. Если же есть смопистый остаток, то не стоит надеяться на хорошую отливку. Возможно, в этом случае придется снять с оригинала резиновую форму и с ее помощью изготовит восковую модель.

ВСПЕНЕННЫЕ ПЛАСТМАССЫ

Для изготовления моделей можно применять мягкие пластики, такие как полистирол и стирофом. Работайте только при хорошей вентиляции, так как выделяющиеся при работе с этими материалами газы могут быть опасны.

Вокруг нас много разновидностей мягких пластмасс. От пищевых оберток до упаковочных материалов, от кофейных чашек до строительной изоляции, и каждая из них супит мастеру — модельщику уникальные возможности.

Пластик можно резать пипой или ножом, можно обрабатывать горячим и хоподным инструментом, его можно использовать в чистом виде и достраивать воском. Его можно нагревать в пламени, получая затейливые текстуры и неожиданные формы. Помните. Что поскольку стирофом практически ничего не весит, легко увлечься и сделать модель, которая после отливки будет слишком тяжелой. Здравый смысл и опыт помогут вам справиться с этой проблемой.

Пластмассовые детали можно скреплять горячим воском или пегким клеем, например, для авиамоделей или резиновым. Очень хрупкие детвли упрочните дополнительным слоем воска, или сбрызните лаком или полимерным спреем.

Литник – это стержень, который:

- поддерживает модель во время изготовления литейной формы,
- обеспечивает расплавленному воску выход из литейной формы,
- образует вход, через который в форму заливают или загоняют металл,
- ориентирует модель таким образом, чтобы свести к минимуму завихрения потока при заполнении формы.

Ход работы

1. Изготовьте модель.
2. Определите её расположение внутри опоки.
3. Определите количество и положение литников.
4. Перевернув модель, прикрепите литники так, чтобы они соединялись в центральной точке над моделью.
5. Подсчитайте нужное для отливки количество металла.
6. Выберите подходящие к модели, опоку и основание литника.
7. Прочно укрепите снабженную литниками модель на основании. Убедитесь, что в местах прикрепления литников.
8. Наденьте респиратор и заформуйте модель.

Материалы для изготовления литников

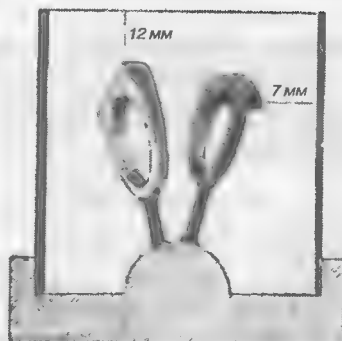
Для изготовления литников годится любой воск, но предпочтительнее всего круглая проволока из мягкого воска, так как она позволяет более точно расположить модель внутри опоки. Преимущество мягкого воска ещё и в том, что при нагревании он обеспечивает прочное соединение: это поможет вам избежать такой неприятности как отвалившаяся при формовке модель.

Хорошая отливка требует интенсивной подачи металла в полость изложницы, что может быть достигнуто, если стенки литников гладкие и прямые настолько, насколько это возможно. Литник с неправильным поперечным сечением будет перемешивать вливаемый металл, поэтому откажитесь от литников из скрученных вместе проволок. Скрученные проволоки могут вызывать проблемы ещё и потому, что поток вливаемого металла может разрушить тонкий гребень формовочной смеси, образующийся вдоль линии скручивания, что приведет к загрязнению отливки. Более толстый литник можно сделать, скатывая восковые проволоки в пагонах или соединяя восковые стержни бок о бок.

В качестве литников можно использовать стержни из пластмассы, но лучше этого не делать. Большинство пластмасс плавится при более высокой температуре, чем воск, поэтому модель расплавится раньше, чем откроется канал литника. Это может привести к закипанию воска внутри формы.

Расположение модели внутри опоки

Модель должна быть размещена в опоке таким образом, чтобы вокруг неё со всех сторон оставалось пространство около 7 мм. Если в одной опоке отливается несколько моделей, они должны отстоять друг от друга по крайней мере на 3-4 мм. Расстояние между верхом модели и верхом формовочной смеси должно быть несколько больше, особенно для тяжелых отливок, когда масса металла, с силой ударяя в тонкую верхнюю стенку, может разрушить её. 12 мм — это минимум.



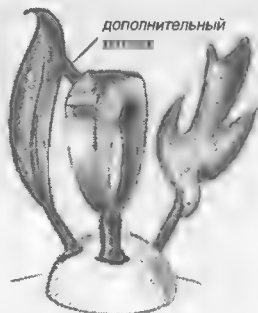
Никогда не размещайте плоскую модель горизонтально. Наклонная модель заставляет металл ricochetить от стенок полости, что ведёт к более полной отливке. Если расплавленный металл налетит на плоскую стенку, он будет отброшен обратно в питник, навстречу вновь поступающему металлу, что вызовет завихрение потока. В результате отливка получится пористая или с грубой поверхностью.



Модель должна быть расположена таким образом, чтобы весь поток металла от точки входа устремлялся вниз. На рисунке показано направление потока; избегайте положения, при котором металл будет вынужден течь в направлении, обратном указанному. Если в обратный поток вовлекается небольшое количество металла, особенно когда сзади на него будет напирать относительно большая масса, то такое соотношение потоков будет приемлемым.



Литники должны располагаться в радиальном направлении от литниковой чаши. Они не должны встречаться в центральной точке, но должны сходиться в верхней трети купола. Отсюда их следует подвести к каждому массивному участку модели. В том случае, если свободного пространства мало, начертите на листе бумаги прямоугольник, точно соответствующий внутренним размерам опоки, вычертите основание опоки и купол литейной чаши, затем уложите на бумагу модель и начертите схему идеального расположения литников.



РАСПОЛОЖЕНИЕ ЛИТНИКОВ

1. Присоединяйте литники к самой массивной части модели.
2. Присоединяйте литники там, где они не повредят текстуру поверхности и откуда их легко будет удалить после отливки.
3. Питайте каждую массивную часть модели от своего собственного литника.
4. Для тонких участков, особенно если они расположены далеко от центра модели, могут потребоваться дополнительные литники.

Кристаллизация



По мере охлаждения металл застывает, образуя упорядоченную структуру; этот процесс называется кристаллизацией. Остывая, металл сжимается, подобно тому, как аккуратный штабель кирпичей занимает меньшее пространство, чем беспорядочная куча. Небольшие колонии, или зерна, кристаллов растут независимо друг от друга, из-за чего между ними образуются микроскопические пустоты, которые, если их не заполнить, станут порами отливки. Если же есть резерв расплавленного металла,

будет втянут в эти поры и запол-

Если к отливаемому объекту прикрепляет более массивный участок, он будет остывать на доли секунды быстрее, чем само изделие, обеспечив поступление расплавленного металла в поры. Когда начнет кристаллизоваться эта наиболее массив-

ная часть, источника расплавленного металла для заполнения пустот уже не будет, и в ней образуются поры. Качественная отливка требует такого расположения литников, чтобы это происходило вне отливаемого объекта, например, в цоколе отливки (слиток металла в литниковой чаше). Поэтому главный литник должен быть самой массивной деталью внутри формы, а цоколь – самой массивной деталью всей отливки. Так как этот спиток металла имеет наибольшую массу, он будет остывать последним. На рисунках верху показана такая последовательность затвердевания. При отливке ювелирных изделий всё это происходит за несколько секунд.

Как использовать приемы для создания направленной кристаллизации, смотрите ниже. Информацию, имеющую отношение к этому вопросу также можно найти в главе 10.

ВЫБОР ОПОКИ И ОСНОВАНИЯ

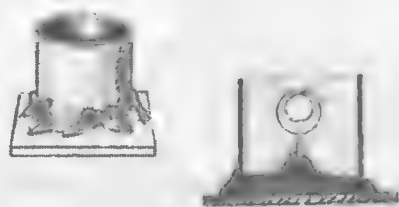
Вокруг модели должно оставаться пространство окопо 7 мм, а над ней — несколько больше. Если опока слишком мала, существует риск, что вбрасываемый в попость расплавленный металл сломает тонкую стенку опоки.

Если опока слишком велика, могут возникнуть другие проблемы. Во-первых, это приведёт к перерасходу формовочной массы и потребует больше времени и энергии на выжигание. Газы, образующиеся в полости формы во время выжигания, обычно просачиваются через поры формовочной массы и уходят наверх. Если слой формовочной массы над моделью слишком толстый, отвод газов может быть затруднён, и в результате получится частичная отливка. Чтобы обеспечить достаточную плотность и в то же время не перекрывать отход газов, толщина верхнего слоя формовочной массы должна быть от 6 до 12 мм.

Для особых случаев форму можно сделать из обычной жестяной банки. Только убедитесь, что это «настоящая» жестяная банка, а не одна из нового поколения алюминиевых банок. Срежьте верх и дно, и, если необходи-

мо, обрежьте по размеру. Такой контейнер можно гнуть, придавая ему необычную форму до тех пор, пока он не подойдёт по размеру к центробежной машине. Если отливка будет производиться под действием силы тяжести, или в ручной центрифуге, или под давлением пара либо вакуумным литьем, на это не стоит обращать внимание.

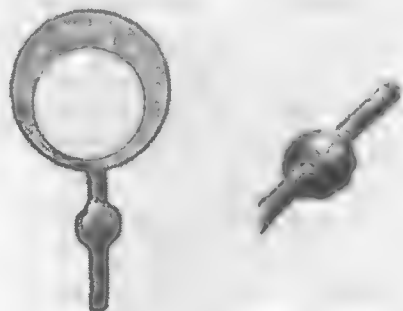
Поскольку такая опока из жестяной банки будет иметь необычную форму или размер, стандартное основание к ней не подойдёт. Изготовьте основание как показано на рисунке, из пластилина, мягкого воска или глины. Чтобы его можно было переставлять с места на место, разместите его на листе мазонита, пластмассы или на крышке от банки.



Прибыли

В случае сложной системы литников иногда оказывается невозможным соединить литниковую чашу непосредственно с самой массивной частью модели. Чтобы обеспечить вне модели область, которая будет остывать последней, в таких случаях на литниках делают восковые утопления — прибыли.

Скатайте в пальцах шарики из мягкого воска, в каждом из них проколите спицей отверстие, и напаяйте на восковую проволоку, затем зажмите место соединения горячей иглой. Это застрахует от завихрений поток металла, текущего через резервуар в попость формы.



Прикрепление литников к модели

При отливке обычных ювепирных изделий пользуйтесь восковыми питниками, которые немного массивнее самой массивной части изделия. Я считаю удобной для этих целей проволоку около 3 мм в диаметре. Воск достаточно мягок для того, чтобы можно было легко скатать в падонях два-три стержня в один, более толстый.

Четко представив себе, где именно будут прикреплены питники, уложите модель «на спину» или «кверху пузом». Введите в пламя спиртовки иглу, держа тем временем проволоку для питника непосредственно над местом присоединения. Прикоснитесь горячей иглой к кончику проволоки и опустите его на место. Удерживайте проволоку неподвижно в течение нескольких секунд, пока воск не затвердеет. Пока игла ещё горячая, отрежьте питник до нужной длины.

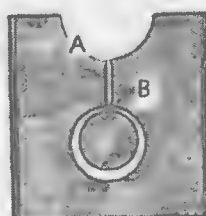
Прикрепив литники, возьмите модель в руки и проверьте каждое соединение. Удерживая модель в положении,

соответствующем её положению внутри опоки, убедитесь, что поток расплавленного металла на каждом участке будет направлен вниз от точки входа. Если есть какие-то недочеты, настало время их исправить.

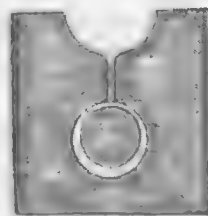
Переверните модель и держите её над куполом литниковой чаши. Если необходимо, укоротите литники до нужной длины, либо с помощью горячей иглы, либо прищипните их ногтями. Сильно нагрев иглу, проводите ею по кончикам литниковых проволок, одновременно опуская модель на купол питниковой чаши. В месте соединения каждого питника с чашей сделайте галтель, как описано ниже.

ГАЛТЕЛИ

В месте соединения литника с моделью следует сделать галтель, или восковое утопление. Галтель представляет собой имеющее форму мениска дополнительное количество воска, добавленное в место соединения, чтобы увеличить массу и сгладить переход от литника к модели. Прямой угол (см. рис. А) может послужить причиной растрескивания металла по литнейной полости, что недопустимо. Сужающийся литник (см. рис. В) будет впрыскивать металл в полость, создавая завихрения потока. Кроме того, формовочная смесь хрупка, поэтому острые углы могут ломаться под напором расплавленного металла. Это приведет к дефектам отливки и загрязнению её формовочной смесью.



литник в месте контакта с моделью сужается: плохо



закругленные соединения способствуют непрерывному току металла

Изготовление галтеля

Для того, чтобы наложить дополнительное количество воска, нагрейте иглу и нацельте её кончик на соединение таким образом, чтобы он отстоял от литника примерно на 3 мм. Прикоснитесь к игле восковой проволокой на 10-12 мм выше кончика; образуется капля, соскользнёт вниз по игле и упадёт на основание литника. Всё происходящее подразумевает, что игла нагрета точно до нужной температуры. Для того, чтобы всё происходило, как описано, потребуется некоторый навык. Процедуру повторяют для каждого питника.

При другом способе игла не нужна; вместо неё потребуются быстрая рука и хороший глазомер. Определив место прикрепления питника, проведите сквозь пламя кончик восковой проволоки, чтобы на нём образовалась капля. Быстро приложите его к нужному месту и удерживайте, пока воск не затвердеет. Чтобы освоить этот способ, потребуется немного усилить, но он очень быстрый – стоит только проявить настойчивость. При укреплении питников также очень удобно пользоваться стеклом для воска с подогревом.



Выбор литниковой системы

Почти невозможно удовлетворить все требования по правильному подводу литников при работе с единственным изделием. Многие модели слишком сложны и не позволяют легко следовать правилам. В других случаях, присоединить литники согласно описанию возможно, но в результате восковая модель будет выглядеть так, словно она запуталась в паутине сумасшедшего паука. Необходимость срезать десятки литников требует большой работы и может уничтожить очарование свежей отливки.

Литейщики, которые работают с резиновыми формами, находятся в идеальном положении – это позволяет им экспериментировать с литниками. Как только изготовлена резиновая форма, восковые модели легко копируются, и с той же лёгкостью можно пробовать различные способы расположения литников. Неполные отливки просто бросают плавильный тигель. По мере необходимости осторожно добавляют более толстые или дополнительные литники, до тех пор, пока не будет найдена минимально эффективная система.

В то же время, в план работы может быть включен фактор риска. Если одна из десяти отливок оказывается неудачной, иногда литейщику проще всего заформовать на 10% моделей больше, чем требуется; этот излишек обеспечит получение нужного количества качественных отливок.

Как избежать затруднений

Начинающие литейщики легко забывают, что металл будет заполнять полость не только литейной формы, но и питников. Литники вырастут из отливки подобно твёрдым металлическим рогам, и иногда при их удалении могут возникнуть трудности. Помните об этом, предусмотрительно располагая литники в тех местах, где они будут легко доступны пиле, кусачкам и **напильникам**.

Если модель имеет необычную текстуру поверхности, расположение литников должно быть тщательно продумано таким образом, чтобы не повредить её. После того, как литник отрезан, зачастую бывает трудно скопировать на металл текстуру восковой поверхности.

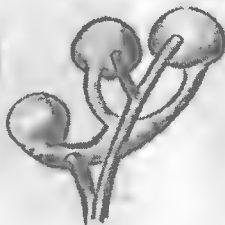
Если модель имеет несколько массивных участков, будет разумно подвести литник к каждому из них. Как показано на рисунке, все они могут исходить из одной литниковой чаши

или иногда могут ответвляться друг от друга. Массивные участки, соединённые относительно толстой перемычкой, можно лить через один литник, но если перемычка тонкая, литников потребуется два.

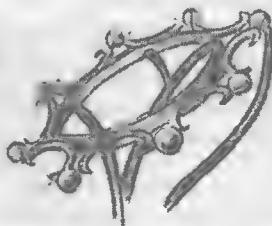
Тонкие участки, удалённые от основной массы отливки, также могут требовать особого внимания по иным причинам, чем вышеупомянутые. Из-за поверхностного натяжения требуется дополнительное давление для того, чтобы металл затек в узкое пространство. Существует эмпирическое правило: чем выше температура плавления металла, тем больше величина поверхностного натяжения. Первоначальный напор металла особенно ослабевает в «конце» отливки (в области, наиболее удалённой от входного отверстия литника). Такие удалённые участки питают напрямую, подводя непосредственно к ним отдельные литники.



избегайте
повреждения
структуры



снабжайте литником
каждый массивный
участок



удалённые участки
питайте напрямую

ОСОБЫЕ СЛУЧАИ

Специальные методы литья, или материалы, требуют несколько иного подхода к расположению литников. Это литьё под давлением пара, литьё в песок и литьё в оболочку. За детальными разъяснениями по этим методам обращайтесь к соответствующим главам

Вычисление требуемого количества металла

Опыт дает возможность делать уверенные предположения о том, какое количество металла потребуется для отливки. Можно развить весьма неплохой глазомер, особенно при работе с хорошо знакомыми объектами. Но для начинающих, или в том случае, когда модель не похожа на другие недавние отливки, при подсчете требуемого количества металла будет лучше опираться на точные измерения.

Взвешивание



Если умножить вес восковой модели на удельный вес отливаемого металла и разделить полученный результат на удельный вес воска, можно вычислить, сколько металла потребуется для отливки. Для этого потребуются точные чувствительные весы. Вполне подойдут ювелирные весы. Недорогие почтовые весы — лучше, чем ничего, но их все же недостаточно.

Взвесьте модель с прикрепленными литниками, не забыв обратить внимание на то, в каких единицах измеряется вес. Например, если вы начали с веса модели в граммах, то полученный результат тоже должен быть выражен в граммах. Неважно, какими единицами веса вы пользуетесь; постоянное соотношение между моделью и металлом — вот что важно.

Поскольку удельный вес воска около единицы, все вычисления сводятся к умножению веса модели на удельный вес отливаемого металла. На странице 157 приведена таблица удельных весов, составленная для наиболее распространенных металлов.

Вы должны ясно понимать, что именно вы взвешиваете. Если вы взвешивали только модель с литниками, не забудьте прибавить еще некоторое количество металла на цоколь отливки (т.е. металл, который заполнит куполообразную полость литниковой воронки). Это важно для получения хорошей отливки, так как цоколь служит источником расплавленного металла и, кроме того, «закрывает двери» отливки. При литье изделий из стерпингового серебра на цоколь обычно добавляют около 15г для каждой модели. С увеличением размера модели должен пропорционально увеличиваться и размер цоколя.

Эта система также может быть удобной при установлении цены или интервала цен для заказчика. Можно, например взвесить модель без литников, чтобы определить количество (и, следовательно, стоимость) металла, который пойдет на ее отливку. Таким образом, вы можете определить цену одного и того же изделия, отлитого, допустим, из золота 14К, 10К или 18К.

Метод вытеснения воды

Этот способ представляет недорогую альтернативу тем, у кого нет весов. Вам потребуется только стеклянный сосуд, например, градуированный цилиндр или прозрачная банка. После того, как сосуд заполнен до заданной отметки водой комнатной температуры, в него полностью погружают восковую модель; вода при этом поднимается. На уровне подъема делают отметку. Поскольку воск не тонет, вам придется погружать его, закрепив на проволоке или держа тонким пинцетом.

Вынув модель из воды, добавляйте в сосуд металл, пока вода вновь не поднимется до отмеченного уровня.

И в этом случае также необходимо помнить, что измеряется только объем погруженного объекта; вы должны добавить дополнительное количество металла на цоколь отливки. Этот метод не так точен, как взвешивание, поэтому я рекомендую добавлять столько металла, чтобы наверняка исключить всякий риск.

Если вы пользуетесь методом вытеснения воды, важно, чтобы сосуд не был чересчур большим для модели. Если сосуд слишком велик, повышение уровня воды будет настолько небольшим, что его не удастся точно отметить. По этой причине стоит иметь несколько сосудов разного диаметра.

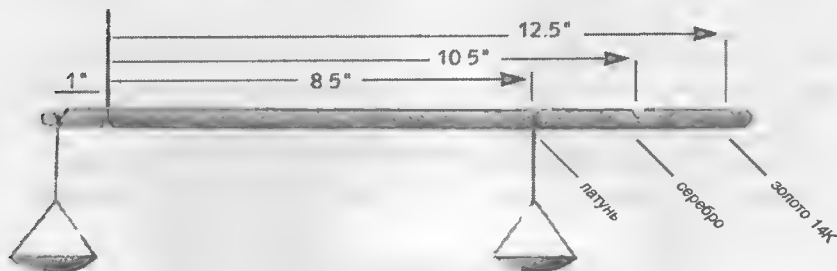
погрузите модель
и отметьте уровень
подъема воды



добавляйте в сосуд металл
пока уровень воды
не поднимется до отметки

ПРОСТЫЕ ВЕСЫ

Изображенные на рисунке весы можно сделать из любого имеющегося в наличии металла. Очень важно, чтобы расстояние между указанными точками было отмерено точно, а обе чашки были одинакового веса. Чашки можно выколотить из листа металла, или воспользоваться простыми бумажными стаканчиками. Поперечная перекладина может быть подвешена на струне, либо может качаться на вертикальной стойке.



На заре истории литья по выплавляемой модели, около 5000 лет назад, ещё в Древнем Египте, мастера окунали восковую модель в тонкую глинную суспензию, последовательно наращивая на ней множество тонких слоёв. Чтобы питейная форма была прочной, слои высушивали и укрепляли поскутами ткани и травой. Это изобретение оказалось настолько удачным, что с течением лет претерпело лишь небольшие изменения. Возможно, наиболее значительное из них – разработка лучшего материала для изготовления литейных форм, который называется формовочной смесью.

Формовочная смесь

Формовочная смесь – гипсоподобный материал, состав которого подобран таким образом, чтобы он выдерживал высокие температуры при прокаливании. Формовочная смесь состоит из трёх основных компонентов:

1. Гипс, гидратированный сульфат кальция. Этот белый минерал природного происхождения, благодаря которому затвердевают алебастр и портландцемент, составляет 25-40% смеси. Входящий в состав формовочной смеси гипс является полугидратом; это значит, что из соединения удалено около 3/4 содержащейся в нём воды.

2. Двуокись кремния, или кварц, белый или бесцветный минерал природного происхождения, очищенный и размолотый в очень тонкий порошок. В формовочной смеси он является амортизатором, принимая на себя температурное расширение и сжатие формы во время выжигания и охлаждения.

3. Кристобалит, кристаллическая модификация чистой двуокиси кремния; возможно, его образование в природе происходило при ударе молнии в определенные горные породы. В промышленных условиях его получают, нагревая двуокись кремния до температуры около 1600°. Эта стабильность двуокиси кремния была открыта в конце 1920-х годов и имеет гораздо больший коэффициент расширения, чем другие её модификации, что делает кристобалит непревзойденным материалом для изготовления литейных форм.

Кроме этих трех основных компонентов формовочные смеси промышленного производства содержат небольшие количества других химических соединений (модификаторов), которые добавляют для улучшения рабочих свойств и повышения прочности питейной формы. Некоторые из них являются смачивателями, увеличивающими способность формовочной смеси обволакивать модель, обеспечивая более полное покрытие. Другие компоненты регулируют время затвердевания формовочной смеси или способствуют удалению воздуха из неё. Для того, чтобы повысить прочность формовочной смеси, недавно в неё стали добавлять волокна фибр-гласа – технологическое усовершенствование, напоминающее о том, как древние египтяне использовали для этой цели траву.

Стандартную формовочную смесь используют при отливке золота, серебра, бронзы и почти всех других металлов. Исключением является платина, для которой требуется специальная высокотемпературная формовочная смесь.

ПРИБРЕТЕНИЕ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ И РАБОТА С НЕЙ

ФОРМОВОЧНАЯ СМЕСЬ СОДЕРЖИТ ПОРОШОК ДВУОКСИ КРЕМНИЯ, КОТОРЫЙ МОЖЕТ ВЫЗВАТЬ СЕРЬЕЗНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ЛЕГКИХ. РАБОТАЯ С ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСЬЮ, ВЫ ДОЛЖНЫ НАДЕВАТЬ СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕСПИРАТОР ОБЫЧНОЙ БУМАЖНОЙ МАСКИ НЕДОСТАТОЧНО: ПРИБЕРИТЕ РЕСПИРАТОР, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЙ ИМЕННО ДЛЯ РАБОТЫ С ДВУОКСИ КРЕМНИЯ. СИМПТОМЫ ЗАБОЛЕВАНИЯ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ, ВЫЗВАННОГО ЭТИМ ПОРОШКОМ, МОГУТ НЕ ПРОЯВЛЯТЬСЯ, ПОКА БОЛЕЗНЬ НЕ СТАНЕТ ХРОНИЧЕСКОЙ.



Так как из гипса, входящего в состав формовочной смеси, удалена большая часть воды, порошок активно поглощает воду. По этой причине его следует хранить в плотно закрытом водонепроницаемом контейнере или в плотно закрытом пластиковом пакете. По мере использования формовочной смеси пакет приходится открывать и закрывать, в него попадает атмосферная влага, и, даже при соблюдении всех условий хранения со временем свойства формовочной смеси ухудшаются. Приобретайте такое количество, которое сможете израсходовать за 6 месяцев или менее.

Если в вашем распоряжении имеется большой контейнер порошка, будет хорошо иметь ещё один, поменьше, чтобы время от времени наполнять его из большого. Это не только сократит время контакта с воздухом для основ-

ного запаса, — он не будет безвозвратно испорчен, если вода попадет в маленький контейнер, содержимое которого в таком случае можно выбросить.

Вода, ни при каких условиях не должна попадать в контейнер с формовочной смесью. Всегда тщательно вытирайте руки, прежде чем открыть контейнер. Место хранения должно быть расположено на достаточном удалении от раковины, чтобы туда не долетали брызги. Попад в формовочную смесь, капля воды образует твердый комочек, который будет гидратировать окружающий порошок. Если такой комок попадет в неподходящее место литейной формы, он может необратимо испортить отливку. Именно по этой причине многие просеивают формовочную смесь через сито, но гораздо лучшее решение — с самого начала не допускать образование комков.

Формовочная смесь есть в продаже практически у всех поставщиков питьевого оборудования, и зачастую информацию об её источниках можно получить в организациях, занимающихся промышленным литьем, в зависимости от того, в какой части страны вы живете. Небольшие количества формовочной смеси, до 10-15 кг, пожалуй, легче всего приобрести там же, где вы обычно покупаете оборудование для питья. При покупке большего количества стоимость перевозки становится существенной. Свяжитесь с вашим поставщиком или с производителем формовочных смесей, чтобы

узнать адрес региональной торговой организации. Возможно, имеет смысл объединиться ещё с несколькими ювелирами и в складчину оплатить покупку партии смеси или поездку на оптовый склад. Иногда можно найти крупных местных потребителей и присоединиться к их заказу. Литье с использованием формовочной смеси становится широко распространенным в промышленности. Например, при отливке вентилей и небольших деталей механизмов. В крайнем случае, можно приобрести формовочную смесь в зубопротезной лаборатории, но я нахожу, что цены там высокие.

Задачи правильной формовки

Существует несколько способов затворения формовочной смеси, но все они ведут к решению одних и тех же задач.

Вот они:

- правильное соотношение порошка и воды
- тщательное перемешивание до однородной консистенции
- отсутствие пузырьков воздуха в смеси
- оптимальный временной интервал

Невыполнение любого из этих условий повлияет на прочность литой формы и качество поверхности. Если имеется несколько недостатков, их влияние усилится и в результате будет получена непригодная отливка.

Подготовьте рабочее место, убедившись, что оно чисто и свободно от ненужного хлама. Важный фактор правильной формовки – время, поэтому работать нужно с максимальной эффективностью. Прежде чем начать, убедитесь, что все необходимые материалы находятся под рукой.

ПЕРЕД ТЕМ КАК ЗАТВОРЯТЬ ФОРМОВОЧНУЮ СМЕСЬ:

- Осмотрите модель и убедитесь, что она чистая.
- Удалите засохшую формовочную смесь из опоки, с основания питника и из гипсовки (резиновый сосуд для затворения формовочной смеси).
- Проверьте водонепроницаемость соединения между опокой и её основанием. Если соединение протекает, герметизируйте его глиной или воском.
- Слегка встряхните модель или подержите её под струёй холодной воды, чтобы убедиться, что литники надёжно укреплены на модели и на основании опоки.
- Смочите модель промышленным препаратом, препятствующим появлению пузырьков на её поверхности, или другим смачивающим реактивом.

Формовка – грязное дело

При работе, как с порошком, так и с затворенной формовочной смесью следует соблюдать аккуратность; однако после того, как формовка закончена, все равно придется что-то вымыть. Расположите место, где будете заниматься литьем, подальше от «чистых» участков мастерской и всегда предусматривайте в своем рабочем расписании время на уборку.

Никогда не выпивайте формовочную смесь в раковину, где она затвердеет в трубах и забьет их. Всё оборудование для формовки – гипсовки, шпатели и иногда даже рабочая поверхность – должны быть сделаны из резины. После того, как формовочная смесь затвердеет, её легко снять с гибкой резиновой поверхности и выбросить в ведро для отходов. Вы также можете пользоваться и пластиковой посудой, но она быстро растрескивается.

Гидратация

Гидратированную формовочную смесь, т.е. формовочную смесь, которая абсорбировала воду, можно отличить по нескольким признакам. Её время схватывания заметно удлинится. Когда она всё же схватится, литейная форма будет менее прочной, чем следует. Это можно заметить по появлению на отливке наростов, похожих на рыбы плавники (так называемый облой), или же, в особо серьёзных случаях, устремляющийся в форму металл может разорвать её. Кроме того, гидратированная литейная форма может сделать поверхность отливки грубой.

Что касается гидратации, в этот вопрос можно внести ясность, если у вас есть точные весы и образец заведомо свежей формовочной смеси той же фабричной марки, что и ваша. Отмерьте равные объёмы обоих образцов и взвесьте их. Из-за поглощённой воды гидратированный образец будет весить больше. Если превышение веса составляет более 20%, старый порошок придётся выбросить.

Другой способ: затворите свежий образец формовочной смеси и сравните его время скатывания со временем схватывания сомнительного образца. Если старая формовочная смесь схватывается на пару минут дольше, её следует выбросить.

Формовочная смесь вредна для вашей кожи именно потому, что она с жадностью поглощает воду. Гипс — сильное основание, и он обжигает кожу так же, как это делает щёлочь. Конечно, гипс не так едок, как щёлочь, и для большинства людей непродолжительный контакт грозит лишь немногим более серьёзными последствиями, чем чувство дискомфорта. Было бы хорошо взять за правило увлажнение рук специальным лосьоном. После завершения формовки щелочь можно нейтрализовать раствором уксуса, а затем вымыть руки с мылом и ополоснуть водой. Если ваша кожа очень чувствительна, перед формовкой нанесите на неё побольше лосьона для рук и/или работайте в резиновых перчатках.



ЭФФЕКТ ЗЕРКАЛА

Наблюдая за так называемым эффектом зеркала, вы можете ещё раз проверить, правильно ли вы рассчитали время формовки. После того, как формовочная смесь приготовлена и залита в опоку, наблюдайте за теми участками на её поверхности, где при ближайшем рассмотрении видна тонкая плёнка воды. В определённый момент эта вода впитается, что особенно явно будет заметно, вдоль верхней кромки опоки, как губка или бумажная салфетка впитывают каплю воды. Это произойдет спустя от 1½ до 2 минут после окончания времени работы с формовочной смесью, то есть через 11-11½ минут после того, как вы начали сыпать в воду порошок формовочной смеси. Если эти цифры сильно расходятся с вашими результатами, поверьте свои измерительные приборы и температуру воды.

Вы заметите, что схватывание формовочной смеси — экзотермическая реакция. Так как при этом выделяется тепло, в течение примерно следующего получаса опока будет теплой на ощупь.

ЗАТВОРЕНИЕ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ: КОНТРОЛЬ ВРЕМЕНИ

Затворение формовочной смеси имеет кое-что общее с приготовлением яйца всмятку: фактор времени является критичным. Нижеследующие предписания выглядят сложными; таковыми могут показаться и первые попытки, но с ростом опыта в итоге установится удобная схема действий, и потягивание на часы будет вытеснено интуитивным регулированием скорости работы. Я думаю, что с яйцами депо обстоит точно так же.

Если изготовителем не указано другое, время работы с формовочной смесью составляет $9\frac{1}{2}$ минут, плюс-минус 30 секунд. При правильной формовке используется все это время, но не больше. Если на затворение уйдет время больше указанного, формовочная смесь начнет затвердевать (схватываться) раньше, чем сможет полностью окутать модель. Длительная работа с формовочной смесью на этой стадии ослабляет материал формы и может привести к появлению заливов из-за мелких трещин и разрывов в форме.

Если вы закончите формовку за меньшее время, чем требуется, формовочная смесь может отделиться от воды, которая, поднимаясь вверх, оставит на поверхности отливки вытянутые следы в виде приподнятых ручейков.

Особенно важно смотреть на часы, если работа является новой для вас. Заранее продумайте, что именно вы должны будете депать, когда пройдет половина отведенного вам времени. Взглянув на часы, вы будете знать, работаете ли вы слишком быстро или слишком медленно, и сможете соответственно изменить скорость работы. Существенно облегчит дело кухонный или фото-таймер.



Смачивающие препараты

Смачивающие препараты промышленного производства понижают поверхностное натяжение на границе модели и раствора и способствуют полному обволакиванию модели формовочной смесью. Некоторые литейщики считают их применение важным, а другие — излишним. Вам следует попробовать поработать со смачивающим препаратом, чтобы увидеть, будут ли какие-то отличия.

Покройте модель смачивающим препаратом с помощью мягкой рисовальной кисти, например, для акварели или каллиграфии. Дайте раствору высохнуть, что займет около 10 минут. Это важно, так как влага на поверхности модели будет захватывать пузырьки воздуха, что приведет к появлению на отливке королек.

Вместо смачивающего препарата можно использовать спирт — годится тот же самый спирт, который служит горючим для спиртовки; его можно наносить кистью или фитилем спиртовки.

Вода

Как бы то ни было, при изготовлении литейной формы постоянство является добродетелью. Если каждый раз брать воду одной и той же температуры, из процесса исключается одна переменная величина, и это, как правило, выгодно. Когда возникают какие-то проблемы, их причины легче отследить и исправить, если имеется только две переменных.

В большинстве случаев хорошую литейную форму можно получить, пользуясь обычной водопроводной водой комнатной температуры. Горячая вода уменьшит время схватывания формовочной смеси. Вода комнатной температуры (22°) должна быть приятной – не холодной и не горячей. Тем, кто по-настоящему дотошен, я бы посоветовал устройство для раковины, которое называется «Flo-Temp» – небольшой прибор, который укрепляется на водопроводном смесителе и

имеет встроенный датчик, измеряющий температуру протекающей через него воды. Регулируя горячий и холодный краны, легко получить струю воды определенной температуры. Такие приборы стоят около 30\$; их можно приобрести практически в любом магазине фототоваров.

В некоторых географических областях вода содержит химические соединения, которые могут быть нежелательными при изготовлении литейной формы. Если у вас возникают проблемы с литьем, которые невозможно объяснить другими причинами, попробуйте пользоваться дистиллированной водой или питьевой водой из бутылок. Некоторые питейщики считают, что если дать водопроводной воде отстояться 24 часа в неплотно прикрытой банке, то газы из неё улетучатся и результаты будут лучше.

Водо-массовое соотношение

• ПО ВЕСУ

Затворите формовочную смесь в соотношении 38-40 частей воды на каждые 100 частей порошка по весу. При смешивании добавляйте порошок в воду, как описано ниже. При затворении формовочной смеси «по цифрам» важно пользоваться точными весами. Как уже было сказано, порошок формовочной смеси должен быть свободным от влаги. Если формовочная смесь набралась влаги из воздуха (и помните, она делает это с жадностью), все вычисления окажутся неверными.

• НА ГЛАЗОК

Менее научный метод определения соотношения вода/порошок базируется на чутье и опыте. Сначала налейте в гипсовку объем воды, соответствующий $\frac{2}{3}$ объема опоки. Заметьте время, затем начинайте осторожно сыпать в воду порошок. После добавления нескольких порций, посередине сосуда появится островок. Понемногу подсыпайте порошок, пока островок не покроет почти всю поверхность воды и не перестанет погружаться.

Перемешивание формовочной смеси

Прочность литейной формы зависит от того, насколько однородной консистенции удалось достичь при смешивании порошка и воды. Первый шаг на пути к этому – добавлять порошок в воду, а не наоборот. Если лить воду в порошок, образуются комки, которые невозможно будет полностью размешать.

Даже для небольшого объема формовочной смеси время перемешивания должно составлять не менее четырех минут. В промышленности полагаются на спожное электронное или вакуумное оборудование, либо на их комбинацию при работе вручную всё это может быть заменено обычной взбивалкой для яиц.

Формовочную смесь можно также перемешивать ложкой или шпателем, или растирать пальцами. Мне нравится делать это пальцами, поскольку так я могу во время перемешивания почувствовать комки, но должен признать, что шпатель перемешивает более тщательно. Возможно, лучший способ – начать с растирания комков пальцами, а затем уже взять шпатель и

тщательно всё перемешать. Перемешивая формовочную смесь, старайтесь избегать образования пены.

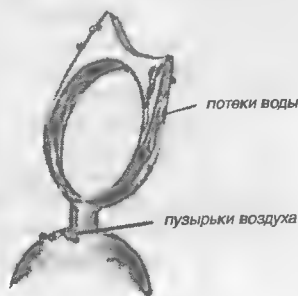
Хотя это и ненаучно, я определяю качество смеси на ощупь. Я помещиваю в гипсовке пальцем, чтобы почувствовать, будет ли консистенция текучей, но в то же время достаточно густой, чтобы оказывать сопротивление движению пальца. По ощущению, формовочная смесь должна быть чуть более жидкой, чем сметана (возможно, придется зачерпнуть полную пригоршню сметаны, чтобы почувствовать, что это такое). Вы можете оценить непрозрачность смеси, обмакнув в неё палец, а затем вынув его в вертикальном положении. Если через слой смеси просвечивает цвет кожи, значит, смесь слишком жидкая.

Опыт и наблюдения научат вас, на что обращать внимание и как узнать, верны ли соотношения. Во время нескольких первых затворений наблюдайте за «эффектом зеркала».

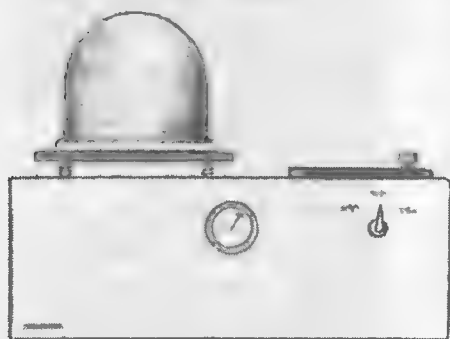
Удаление пузырьков воздуха

Даже при осторожном перемешивании формовочная смесь будет полна воздушных пузырьков. При малейшей на то возможности они прилипнут к модели, и когда воск выгорит, освободив литейную полость, они оставят в её стенках маленькие сферические углубления. Когда в форму будет залит металл, в тех местах, где были пузырьки (т.е. там, где не было формовочной смеси) на поверхности отливки появятся бородавчатые наросты – «корольки».

Если на внешних участках отливки будет лишь несколько пузырьков, то удалить их несложно. Однако их могут быть сотни, причем они имеют обыкновение скапливаться в самых труднодоступных местах изделия.



Вакуумирование формовочной смеси



Лучший из всех изобретенных до сих пор способов удаления пузырьков — поместить затворенную формовочную смесь под колокол и создать вокруг неё вакуум. При этом из смеси удаляется воздух.

Если у вас есть вакуумный аппарат, его следует подготовить, прежде чем смешивать порошок и воду. Убедитесь, что поверхность столика и ободок колокола чисты, а соединение между ними воздухонепроницаемо. Затворите формовочную смесь как описано выше и установите гипсовку с нею в центре столика. Переключите вакуум на столик и включите аппарат. Смесь следует вакуумировать в течении $1\frac{1}{2}$ минуты; при этом она будет вслухаться в сосуде и покроется шапкой пены, совсем как молочный коктейль. После отключения вакуума смесь опадет до исходного объема (или немного меньше — из-за потери воздуха). Её консистенция станет заметно гуще.

Чтобы модель не сломалась под весом формовочной смеси, заливайте её по стенке опоки, не забывая придерживать опоку на основании, если не хотите налить себе полные ботинки формовочной смеси. В конце концов, опока — всего лишь отрезок трубы, не так уж прочно стоящий на основании.

Установите опоку с формовочной смесью на вакуумный столик и повто-

рите вакуумирование в течение $1\frac{1}{2}$ минуты. Большинство аппаратов вмещает три больших или четыре маленьких опоки, так что можно работать одновременно с несколькими опоками.

Не оставляйте опоки под вакуумом на длительное время. Продолжительная выдержка приведет к закипанию, из-за чего в уже густой формовочной смеси снова появятся пузырьки. Чтобы облегчить выход пузырьков на поверхность, несколько раз ударьте по подпружиненному вакуумному столику или постучите чем-нибудь (отверткой, рукояткой молотка и т.д.) по стенке колокола.

ЧТО СЛЕДУЕТ ПРЕДУСМОТРЕТЬ

Если вы предусмотрите подъем формовочной смеси в опоке, то сэкономите время на уборке. Во время вакуумирования формовочная смесь вспухает, выплескиваясь на стол, и ее количество в опоке уменьшается. Одно из решений этой проблемы — снабдить опоку манжетой из резины или пластика, которую можно приклеить липкой лентой или закрепить резиновым кольцом. Можно воспользоваться обычной бумагой, но реко-

мендуется широкая упаковочная пента. Источником пластика могут служить бутылки из-под нвгитков.

В качестве альтернативного решения оставьте опоку на 10-12 мм не заполненной. После вакуумирования в опоку следует долить добавочную порцию формовочной смеси. Ничего страшного, если в этой добавке будет больше пузырьков, чем в нижней части опоки, поскольку верхняя часть формы не соприкасается с моделью; так что пузырьки не являются проблемой.

Уберите опоку в сторону и оставьте её в покое по меньшей мере на 15 минут, но сначала не забудьте её пометить, ведь все опоки похожи друг на друга. Напишите на опоке мелом важные сведения (имя заказчика, дату, название изделия, количество металла), а позже нацарапайте эту информацию на затвердевшей формовочной смеси.

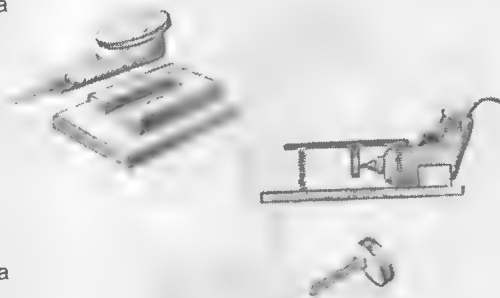


Вибрационный метод

Ещё один способ удаления пузырьков — «встряхивание». Последовательность работ та же, что и при вакуумировании, за исключением того, что гипсовка и опока, каждая в свою очередь, устанавливается не под колокол, а на вибрирующий столик.

В аптеках продается массажер для тела, который очень похож на специальный вибратор для формовки, но стоит намного дешевле. Для того, чтобы им можно было воспользоваться, потребуется укрепить его в какой-нибудь подставке.

Ещё одно приспособление — небольшой мотор с диском-эксцентриком. Из него можно сделать постоянное устройство, а можно приспособить для этой цели электрическую ручную



ФОРМОВКА МЕТОДОМ ПОГРУЖЕНИЯ

При таком подходе опоку устанавливают на гладкую поверхность, лучше всего на лист стекла или плексигласа, и герметизируют вдоль нижнего края глиной или воском. Затворите формовочную смесь как описано выше, затем постучите чем-нибудь (например, отверткой) по гипсовке, чтобы выгнать пузырьки. Залейте густую формовочную смесь почти до верха опоки и снова постучите либо по опоке (осторожно), либо по её основанию. Последнее будет особенно действенным, если основание установлено на упругой поверхности, например, на подкладке из пенорезины.

Затем в опоку осторожными, покачивающими из стороны в сторону движениями погружают модель, снабженную

литниками. После затвердевания формовочной смеси основание опоки убирают и вырезают в форме воронки для заливки расплавленного металла. Этот метод часто применяется в сочетании с формовкой в твердой оболочке.

ОБОЛОЧКОВЫЕ ФОРМЫ

Затворите небольшое количество формовочной смеси, примерно $\frac{1}{4}$ от обычного для ювелирной отливки объема, и нанесите её на модель мягкой кистью, тщательно промазывая труднодоступные места. Чтобы эта оболочка была тверже, посыпьте покрытую модель сухим порошком формовочной смеси. По желанию процесс можно повторить, но обычно одного раза достаточно. Этот слой определяет качество поверхности отливки, и именно по этой причине имеет большое значение. Кроме того, затвердевшая оболочка защитит модель при формовке любым из описанных выше способов. Поскольку окружающая формовочная смесь не будет непосредственно соприкасаться с моделью, уже не так важно, будет ли она свободна от пузырьков.



Задачи выжигания

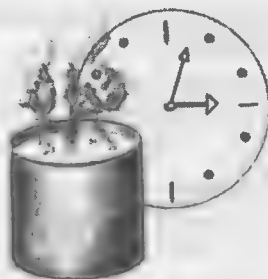
- освободить литейную полость (т.е. удалить восковую модель)
- упрочнить литейную форму посредством обжига
- нагреть литейную форму до оптимальной для литья температуры

КОГДА НАЧИНАТЬ ВЫЖИГАНИЕ

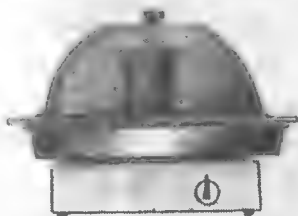
Прежде чем начнется выжигание, литейную форму необходимо высушить. Если опока небольшая (примерно 5*5 см), это займет по меньшей мере два часа; если опока больше, потребуется минимум три часа. Высыхание можно ускорить, поместив опоку в тепло, например, на батарею центрального отопления, на солнцепек, или в печь при минимальном нагреве.

Если влажную форму нагревать слишком быстро, содержащаяся в ней вода образует пар, который, расширяясь, может разорвать форму. Если вы торопитесь, почаще проверяйте форму в течение первых 30 минут выжигания.

Если из опоки поднимается пар, или если на формовочной смеси появилась пленка воды, выньте опоку из печи и дайте ей ещё подсохнуть, прежде чем продолжить выжигание.



Удаление воска с помощью пара



Относительно новое усовершенствование в литейном деле — использование пара для удаления большей части воска до выжигания. Это уменьшает объем выдвляющихся при выжигании вредных газов, способствует получению отливков с чистой поверхностью и защищает открытые участки опоки, которые высохли раньше, чем внутренняя область. Такое равномерное

увлажнение может предотвратить растрескивание литейной формы при последующем нагревании.

В продаже имеются аппараты для больших мастерских, а в маленьких можно обойтись простым устройством для удаления воска, как изображенное на рисунке. Установите заформованные опоки на решетке над поддоном, на $\frac{3}{4}$ заполненным водой. Поставьте поддон на горячую плитку и поддерживайте слабое кипение. Пар проникнет в форму и расплавит воск. Выждите около часа, после чего опоки могут отправляться прямо в слегка нагретую печь для окончательного выжигания. Этот способ гораздо эффективнее при удалении мягких восков (для пепки), чем твердых (для резьбы).

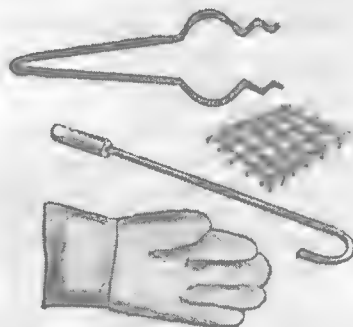
ОБОРУДОВАНИЕ

В промышленных условиях выжигание предпочитают проводить в газовых отражательных печах, так как они обеспечивают относительно небольшие затраты и позволяют уверенно контролировать процесс, но в большинстве ювелирных мастерских используют небольшие электрические муфельные печи. Их размер зависит от предполагаемого объема работы – даже для большой мастерской вполне достаточно печи средних размеров. Для маленьких мастерских обычно муфельные печи для эмалирных работ. Опки можно составлять в стопки до тех пор, пока между ними и стенками печи остается свободное пространство не менее 2,5 см.

Хотя на первый взгляд муфельные печи могут показаться опасными, на самом деле они устроены очень просто, их нетрудно ремонтировать или изготавливать из подручных материалов. За информацией по этим вопросам обращайтесь к следующим страницам. **ВСЕГДА ВЫКЛЮЧАЙТЕ МУФЕЛЬНУЮ ПЕЧЬ, ПРЕЖДЕ ЧЕМ ПРОВЕРЯТЬ ЕЁ.** Пренебрежение этим правилом чревато скорым знакомством с «эффектом тостера». Вспомните, как ваша мама запрещала вам совать нож в тостер, чтобы вас не ударило током. Так вот, это правило действует и здесь, только последствия будут гораздо серьезнее.

Дополнительное оборудование для выжигания

- длинные щипцы
- толстые защитные перчатки (не из асбеста, чтобы не вредить здоровью)
- жаростойкая сетка из нихромовой или подобной ей проволоки
- система вентиляции (смотрите ниже)
- крючок для опки (сделанный из сварочного электрода)



БОРЬБА С ДЫМОМ

Во время выжигания выделяются токсичные газы. Их запах и вкус неприятен, и для вас они вредны. Ради собственного здоровья установите систему принудительной вентиляции, которая будет вытягивать газы на улицу с потоком воздуха.

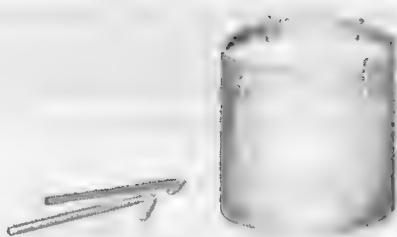
Для того, чтобы уменьшить объем токсичных газов, воспользуйтесь поддоном с подходящей опорой, готовым или самодельным. Так как удаление воска происходит при невысокой температуре, поддон для сбора воска можно сделать из листа любого металла. Идея заключается в том, что опки нагревают ровно настолько, чтобы расплавить воск (в противоположность выжиганию), то есть, в зависимости от типа воска, до температуры 100-150° C. Как только воск начнет плавиться и вытекать из формы, стабилизируйте температуру в печи. Когда воск перестанет вытекать, выньте поддон. Вылейте воск в жестяную банку и, когда он затвердеет, выбросите. Так как некоторые из его компонентов улетучились, не советую вам пытаться использовать его повторно. Удалив, таким образом, большую часть воска, нагрейте печь до более высокой температуры, чтобы удалить все остатки и очистить поры формовочной смеси.

Подготовка

После того, как формовочная смесь высохла, резким вращающим движением отделите основание от опоки, освободив куполообразную литниковую чашу. Осмотрите её и убедитесь, что входные отверстия литников не перекрыты. Если возникают сомнения, вырежьте формовочную смесь ножом. Смойте осколки гипса под струей воды, удаляя зубной щеткой все мелкие частицы.

Сейчас это безопасно, поскольку форма заполнена воском. Не стоит делать это после выжигания, потому что осколки могут попасть в литейную полость и закупорить её. Работая над контейнером для мусора, с помощью ножа соскоблите с опоки потеки формовочной смеси. Если не счистить формовочную смесь, опока будет неравномерно прогреваться и её будет трудно установить в центробежной машине.

Если заливка металла будет производиться вакуумным методом, вырежьте небольшое углубление вдоль верхнего края опоки, миллиметров на 5 или окопо того. Это углубление будет



служить вакуумной камерой и будет расположено вдоль нижнего края опоки, когда вы её перевернете и установите для литья. Всасывающее действие вакуума может быть дополнительно распространено на весь объем формы при помощи каналов, расположенных вертикально вдоль стенок опоки; их можно создать, наклепив восковые стержни на стенки опоки перед формовкой, либо навесить отрезки толстой проволоки (см. рис.), либо просверлить формовочную смесь после того, как она затвердеет. Если вы предпочитаете сверление, выделите для этой цели старое сверло, потому что оно скорее всего заржавеет.

При вакуумном литье также важно, чтобы верхний край опоки обеспечивал герметичность. Убедитесь в этом прежде, чем приступить к выжиганию, пока работать с опокой легче всего. С помощью грубой наждачной бумаги или старого напильника проверьте, нет ли углублений на кромке опоки.

РАСПОЛОЖЕНИЕ ОПОК В МУФЕЛЕ

Опоки устанавливаются в муфеле вниз отверстием, причем они должны быть слегка приподняты над полом печи, чтобы обеспечить отвод газов. Воспользуйтесь решеткой для эмалированных работ, кусочками засохшей формовочной смеси или пемзы, гвоздями или отрезками стальной проволоки.



Выжигание моделей

Как и многое другое в жизни, выжигание можно делать либо правильно, либо быстро. Для того, чтобы гарантировать сохранность литейной формы и успешное литье, правильный способ предусматривает режим медленного нагревания. Быстрый способ обычно является приемлемым, но в этом случае всегда существует некоторый риск нарушения целостности формы.

БЫСТРЫЙ СПОСОБ

Поместите высохшую опоку в муфель при комнатной температуре и включите его. Если есть переключатель температуры, установите его на среднее значение. Если температура не регулируется, оставьте дверцу открытой. Когда появится ясно ощутимый запах плавящегося воска, или когда вы увидите вытекающий из опоки воск, переключите печь на более высокую температуру (или закройте дверцу). Не вдыхайте дым. Если возможно, покиньте помещение.

Проверяйте печь примерно каждые полчаса, пока выжигание не закончится. Это будет заметно по исчезновению черного сажистого пятна вокруг входного отверстия литников. Если пятно полностью исчезло, значит остаток испарился и форма готова к отливке. Избегайте перегрева. При оптимальной температуре опока будет тускло-красной при неярком освещении. Никогда не следует нагревать её до яркого вишневого свечения.

Дайте опоке медленно остыть на 150-200°C ниже температуры плавления отливаемого металла. Это можно сделать, оставив опоку в муфеле, теперь уже выключенном, с открытой дверцей. Помните, что теперь форма хрупкая и обращаться с ней следует осторожно. При падении или ударе тонкие перегородки из формовочной смеси внутри опоки могут сломаться.

ПРАВИЛЬНЫЙ СПОСОБ

Как уже говорилось, ценность постоянства в том, что оно позволяет легко повторить успех. Следуя научно подтвержденному режиму выжигания, можно каждый раз получать гарантированный результат.

ТРЕХЧАСОВОЙ ЦИКЛ

для опок 5x5 см

1 час при 150° C
1 1/2 часа при 400 °C
1/2 часа при 680 °C

ПЯТИЧАСОВОЙ ЦИКЛ

для опок до 7,5x9 см

2 часа при 150° C
1 1/2 часа при 400° C
1 час при 550 °C
1/2 часа при 680 °C

Печи

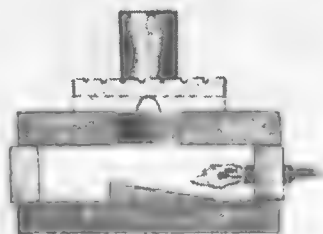
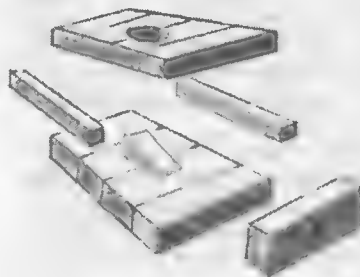
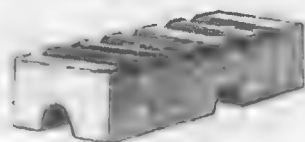
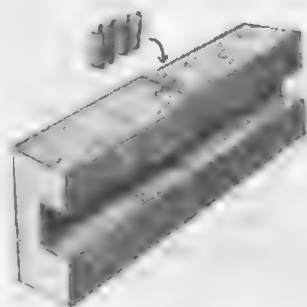
Основные составные части печи — огнеупорные кирпичи для стен, пола и потолка, корпус, удерживающий кирпичи вместе и нагревательный источник. Для обогрева электрической печи добавьте бухту проволоки с высоким сопротивлением, выключатель и сетевой шнур. Для обогрева газовой печи воспользуйтесь горелкой (или форсункой) и источником горячего.

Мягкие огнеупорные кирпичи можно приобрести в организациях, поставляющих керамическое оборудование, по цене около двух долларов за штуку. Их можно пилить слесарной ножовкой и сверлить обычными сверлами. Скрепляют их с помощью огнеупорного раствора или гофрированных стяжек.

Нагревательные элементы электрической печи изготавливают из нихрома или подобного ему сплава; для достижения нужной температуры опираются на расчет отношения между диаметром витка, толщиной проволоки и её общей длиной. Если вы ремонтируете печь, напишите изготовителю и сообщите название модели и серийный номер, чтобы приобрести именно те запасные части, которые вам нужны. Если вы собираете печь из подручных материалов, определите длину нагревательной спирали, измерив траекторию, по которой она будет проложена (воспользуйтесь шнуром). Вышлите эту информацию, включая значения нужных вам температур, в компанию, занимающуюся оборудованием для производства керамики, и попросите о консультации.

Корпус печи может быть тщательно изготовленным или предельно простым, почти несуществующим. Прочный корпус увеличит срок службы печи на много лет, но если печь нужна вам немедленно, можно обойтись стальной проволокой, завязанной морскими узлами.

Для обогрева небольшой печи можно использовать воздушно-ацетиленовую горелку с большим соплом. Горелку для печи большего размера вы можете приобрести у поставщика оборудования для керамических мастерских. На рисунке показано, как можно обеспечить равномерный нагрев, расположив ~~горелки~~ таким образом, чтобы пламя ~~отражалось~~ от них, и не было направлено непосредственно на опоку.



Вентиляция

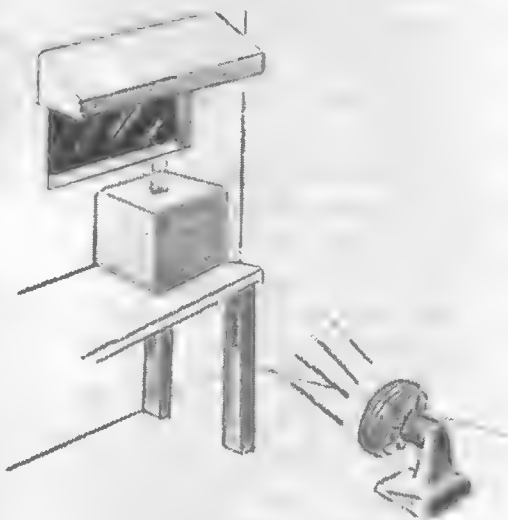
Дым и газы, выделяющиеся при горении воска, неприятны и вредны для здоровья. Для их удаления необходима вентиляция. Размеры и сложность вашей вентиляционной системы будут зависеть от того, как часто производится выжигание, от количества испаряемого воска и от размеров рабочего помещения.

Лучшая вентиляционная система – та, которая приводится в действие мотором и вытягивает газы непосредственно на улицу. Можно подвести вентиляцию к печи таким образом, чтобы газы вообще не попадали в помещение. Эта система наиболее сложна в установке и потребует дополнительных затрат энергии на выжигание, поскольку из печи будет постоянно отводиться тепло.

Следующим по эффективности будет вытяжной копак. Обычный кухонный копак, установленный на окно непосредственно над печью, будет вытягивать почти весь дым.

Открытое окно может доставлять удовольствие, но не может считаться вентиляцией, если только нет принудительного движения воздуха, вытягивающего газы из помещения. В стеснённых условиях будет достаточно открытого окна в сочетании с комнатным вентилятором.

Вместо этих систем, или даже лучше одновременно с ними, оборудуйте для выжигания отдельное помещение с вентиляцией, которое к тому же будет закрываться во время выделения газов.



ИЗБЕГАЙТЕ ПЕРЕГРЕВА

Воск испаряется при 680°C : никогда нет причин превышать эту температуру при работе с восковыми моделями, а при работе с моделями из других материалов это редко помогает. При температуре выше 700°C гипсовое связующее формовочной смеси, сульфат кальция, становится нестабильным и разлагается до более простых соединений. При этом выделяется сера, которая оседает в литейной полости и энергично взаимодействует с металлами, в особенности с серебром, вызывая появление пятен. В результате отливка не только потемнеет, но сульфидный слой может быть настолько глубоким и прочно связанным с металлом, что его невозможно будет удалить. Эта неприятность также может сопровождаться разъеданием стенок литейной полости.

НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ВЫЖИГАНИЕМ

Для того, чтобы определить, закончено ли выжигание, осмотрите литниковую чашу опоки. Прежде всего, выключите печь, затем захватите опоку щипцами и выньте, перевернув таким образом, чтобы были видны входные отверстия литников. Если на формовочной смеси есть черные пятна, значит, в толще формы ещё есть остатки воска и она не готова к отливке. Верните опоку в печь и продолжайте выжигание.

Если вся формовочная смесь вокруг литниковых отверстий белого цвета, либо от пятен остались лишь незначительные следы, можете быть уверены, что воск улетучился и форма готова к отливке.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

ПРИ ПЛАВЛЕНИИ ЛЮБЫХ МЕТАЛЛОВ НЕОБХОДИМО УДАЛЯТЬ ВРЕДНЫЕ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ГАЗЫ С ПОМОЩЬЮ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Большинство металлов при комнатной температуре находится в твердом состоянии благодаря электромагнитным связям между кристаллами. Кристаллы в свою очередь состоят из молекул и атомов, которые удерживаются вместе электрическими и ядерными силами. При поглощении металлом достаточно количества энергии (в виде тепла) внутренние связи разрываются, и упорядоченное расположение заменяется случайным. Плоский лист металла плавится и стягивается в шаровидную каплю.

Когда кристаллы приходят в движение, металл особенно энергично взаимодействует с кислородом, образуя соединения, которые называются оксидами. Когда вы плавите металл для отливки, особенно важно это предотвратить, так как оксиды являются причиной появления раковин и пятен на отливке.

Один из способов понизить образование оксидов – ограничение объема кислорода в непосредственной близос-

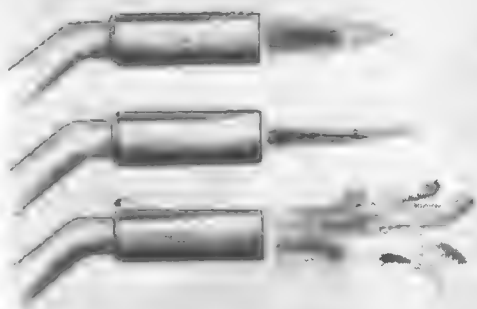
ти от расплавленного металла. В некоторых горелках и печах имеется сопло для подачи инертного газа, такого как азот, который окружает металл и тем самым снижает кислородное загрязнение.

При другом подходе для защиты от кислорода используют химическое покрытие. Вещество, которое называется флюсом, образует на металле пленку, которая в большей степени поглощает кислород, чем пропускает его к металлу.

Ещё один способ свести к минимуму образование оксидов – одновременно с использованием флюса обеспечить нагрев восстанавливающим, то есть обогащенным топливом пламенем. Этот тип пламени содержит избыток топлива по отношению к кислороду; поэтому весь свободный кислород связывается в процессе сгорания топлива и, кроме того, продукты сгорания в какой-то мере изолируют поверхность металла, предохраняя её от окисления.

ПЛАВЛЕНИЕ МЕТАЛЛА ПРИ ПОМОЩИ ГОРЕЛКИ

Пламя кислородных горелок излучает вредный для глаз ультрафиолет. При работе с таким пламенем всегда пользуйтесь темными защитными очками со светофильтрами, задерживающими ультрафиолетовое излучение. Не пользуйтесь пластмассовыми линзами.



НЕЙТРАЛЬНОЕ

ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ

ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ

Для литья можно использовать любую горелку, которая производит достаточно тепла для того, чтобы полностью расплавить металл. С увеличением закладки, или необходимого количества металла, должен увеличиваться и размер горелки. Температура плавления металла постоянна, но для завершения плавки потребуются больше энергии (т.е. более сильное пламя). Нагревание будет более эффективным, если большой слиток металла раздробить на более мелкие части. Чем больше площадь поверхности (а это лучше всего достигается измельчением), тем быстрее происходит плавление.

Для плавления небольшого количества металла, менее 30г, пригодна воздушно-ацетиленовая горелка. Для больших закладок (а для платины — всегда) следует использовать кислородную горелку. Ацетилен может нарушить целостность молекулярных связей в кристаллической структуре

Пользуйтесь горелкой с большим соплом и отрегулируйте соотношение топлива/кислород таким образом, чтобы получить восстановительное пламя. Оно характеризуется большим

кустистым факелом, ярко-синим цветом и низким рокотом. Его противоположность, окислительное пламя, узнается по бледно-пепловому цвету, по узкому заостренному факелу и шипящему звуку.

Для эффективной работы все горелки нуждаются в доступе воздуха к соплу. Не вводите сопло горелки в закрытое пространство, например, внутрь тигля, иначе она потухнет. Вместо этого отрегулируйте пламя таким образом, чтобы оно могло делать свое дело с расстояния около 5 см.

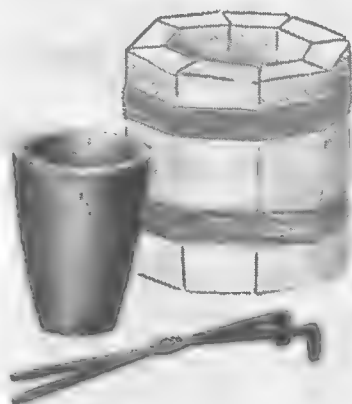
Некоторые производители горелок выпускают специальные наконечники для плавления, с широким соплом и обычно около 60 см длиной, чтобы работающий мог находиться на безопасном расстоянии от горячего расплава. Проконсультируйтесь с продавцом горелок и комплектующего оборудования к ним о том, какой наконечник использовать. К наконечнику должны прилагаться данные о рекомендуемом давлении, и вы должны устанавливать регулятор в соответствии с этими цифрами, чтобы горелка работала в наиболее эффективном режиме.

ПЛАВЛЕНИЕ МЕТАЛА В ПЕЧИ

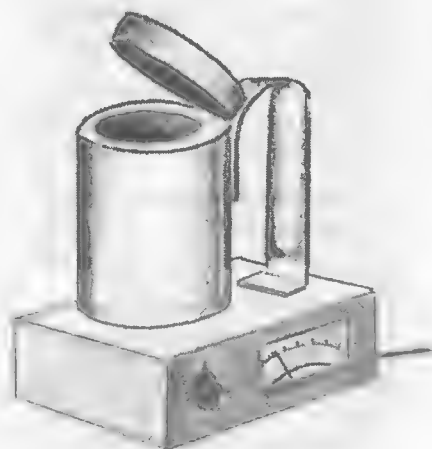
Плавление металла в печи или в муфеле является обычным делом, в особенности при вакуумном литье и при литье под действием силы тяжести. При больших закладках металла плавить металл в печи удобнее, чем держать горелку, так как в этом случае не требуется непосредственное присутствие мастера от начала до конца плавления.

Для выжигания и плавления можно использовать одну и ту же печь, но это редко дает желаемый эффект. Требования к этим двум типам печей различны, включая различные температурные интервалы, вентиляцию, способы доступа и размеры. Плавильная печь должна быть ровно настолько большой, чтобы в неё мог поместиться тигель, она должна быстро нагреваться до температур, близких к 1100°C , и должна достаточно плотно закрываться, чтобы в неё не проникал воздух. Всё это противоречит требованиям выжигания – хорошей вентиляции и медленному нагреванию.

Металл обычно плавят в цилиндрическом тигле, изготовленном из графита или карбида кремния. Когда металл расплавится, тигель захватывают щипцами и заливают металл в форму. Печь и форма должны располагаться бок о бок или, по крайней мере, не дальше, чем в двух шагах друг от друга.

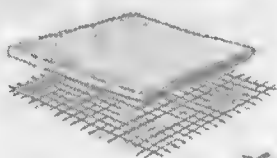
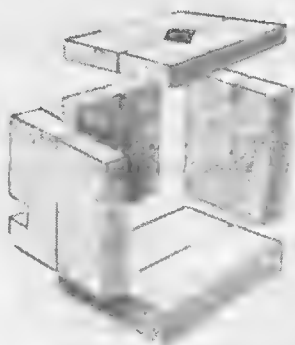


Распространенный выбор – автономная плавильная печь, которая представляет собой цилиндрический кожух из огнеупорного кирпича или теплоизолирующего материала, внутри которого проложена нагревательная спираль. В печь вставляется плотно входящий тигель, и устройство включают в стенную розетку. Когда металл расплавится, печь с тиглем внутри поднимают, как пивную кружку с крышкой и заливают металл в форму. Регулятор нагрева у небольших моделей находится в отдельном корпусе, а у больших встроен в основание цилиндра. Модели таких печей высшего качества снабжены пирометрами и термостатами.



Две печи для плавления или выжигания

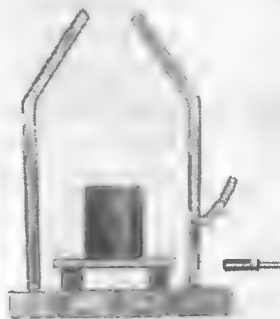
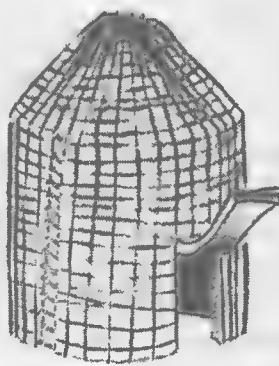
Изображенную на рисунке плавильную печь можно сделать из огнеупорного кирпича и обогревать с помощью большой горелки для отжигания металла. Такая печь очень эффективна при закладке менее 30 г серебра (или 20 г золота в 14 К). Для плавления больших количеств может потребоваться постройка большей печи, изображенной ниже.



загните края
металлической сетки
поверх листа фиберфракса



сверните в цилиндр
и сформируйте
верхнюю часть на
конус



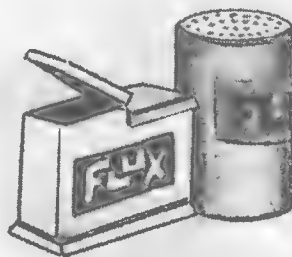
вырежьте заслонку и направте
в отверстие форсунку или сопло
большой горелки

Флюсы

В первый раз металл посыпают флюсом сразу же, как только он нагреется, а во второй раз — когда он расплавится. Для большинства ювелирных отливок достаточно щепотки; слишком большое количество приведёт к появлению включений флюса в отливке и, кроме того, сократит срок службы тигля.

Большинство организаций, торгующих питейным оборудованием, продают флюс промышленного производства, основным компонентом которого является бура. Чистый порошок буры также можно использовать в качестве флюса: его продают там же, где и ювелирное оборудование, в организациях, торгующих химическими реактивами, в аптеках и в некоторых универсальных магазинах.

Эффективным флюсом для золота является хлорид аммония. Он оставляет поверхность металла чистой и уплотняет его рабочие качества, поскольку обеспечивает лучшие условия кристаллизации при остывании металла. При работе с хлоридом аммония выделяются токсичные газы, поэтому его следует использовать только в небольших количествах и при наличии принудительной вентиляции. Работайте в респираторе.



ПЕРЕГРЕВ МЕТАЛЛА

Да, вполне возможно перегреть, или «вскипятить» металл. Эффект будет разным, в зависимости от металла, но он всегда будет плохим. Некоторые сплавы разделятся, некоторые приобретут нежелательные характеристики, например, хрупкость или пятнистость, некоторые изменят цвет. Почти все будут поглощать кислород. Это приведет к появлению раковин в отливке, грубой поверхности, хрупкости и появлению пятен.

Когда металл полностью переходит в жидкое состояние, он теряет свою первоначальную форму и приобретает форму тигля, в котором находится. Для большинства тиглей это означает, что металл имеет гладкую овальную форму. Покачайте тигель так, чтобы металл пришел во вращение, и обнаружилась нерасплавленные куски.

Когда металл нагрет выше температуры плавления, его поверхность

приходит в движение, начиная вращаться, что указывает на достижение оптимальной температуры для отливки. В таком состоянии металл достаточно горяч, чтобы оставаться расплавленным в течение нескольких секунд после удаления нагревательного источника, но ещё не нагрет до опасной температуры.

Если продолжать нагревание, вращательное движение ускоряется, и металл начинает резко вздрагивать. Это называется «кипением» и должно быть предотвращено. Если вы случайно нагрели металл до такого состояния, но немедленно спохватились, то, возможно, никакого вреда не будет — или почти не будет. Прекратите нагревание и добавьте флюс. Не охлаждайте металл до затвердевания, но дайте ему остыть до оптимальной для литья температуры.

Литье под действием силы тяжести

Для металлов, обладающих высокой текучестью (у них обычно невысокая температура плавления) идеальным способом заполнения литейной формы будет литье под действием силы тяжести — она бесплатна и всегда доступна. При литье под действием силы тяжести особенно важно сориентировать модель внутри формы таким образом, чтобы не было обратного тока металла. Для того, чтобы обеспечить заполнение формы металлом иногда бывает необходимо конструировать литниковую систему, включающую специальные каналы, похожие на литники, которые называют выпорами и припыями. Подробная информация по этому вопросу дана в главе 10 «Крупные отливки».

Центробежное литье

Центробежное литье является наиболее распространенной техникой отливки ювелирных изделий. Давление центробежной силы необходимо из-за того, что высокое поверхностное натяжение большинства ювелирных металлов заставляет их при плавлении принимать шарообразную форму. Заливка золота и серебра под действием одной только силы тяжести возможна, но при этом есть шанс, что металл откажется вплотную прилегать к стенкам формы, что приведет к потере деталей. В том случае, если в изделии имеются тонкие ажурные участки, металл может вообще не заполнить узкие полости формы.

Для заливки изящной, тонко детализованной формы нужно дополнительное усилие, но слишком большое усилие может её разрушить. Идея заключается в том, чтобы создать постоянное, равномерное давление, загоняющее металл в литейную полость. Если в форме имеются мелкие детали, то под напором

обрушивающегося в литейную полость металла могут отколоться крошечные частицы формовочной смеси, что приведет к потере деталей. К тому же, если металл слишком сильно ударяется об удаленную стенку формы, он будет отскакивать, вызывая завихрение потока, что может послужить причиной неравномерного твердения в объеме отливки и потери деталей на дальнейшей стенке формы.

Источников центробежной силы может быть несколько. Вероятно, наиболее распространенная центробежная литейная машина приводится в действие мощной скрученной пружиной. Эта пружина выглядит как часовая пружина — переросток и находится в скрученном состоянии в основании машины, так что её не видно.

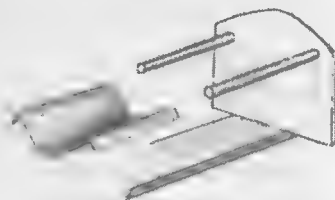
Эта пружина может быть закручена настолько сильно, что будет представлять собой потенциальную опасность. Никогда не пытайтесь извлечь её из корпуса.

ЦЕНТРОБЕЖНОЕ ЛИТЬЕ: ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

1. Перед тем как приступить к выжиганию воска, уравновесьте рычаг центробежной машины.
2. После выжигания начните охлаждать форму.
3. Заведите рычаг центробежной машины на три полных оборота и зафиксируйте его стопорной шпилькой. Подогрейте тигель, загрузите металл и доведите его почти до температуры плавления.
4. Установите опоку в машину.
5. Закончите плавку, раз или два добавив флюс.
6. Когда металл расплавится, крепко ухватитесь за рычаг машины и выньте шпильку не убирая горелку. Убедитесь в том, что металл достаточно текуч.
7. Отпустите рычаг, одновременно убирая горелку.
8. Когда машина остановится, снимите опоку.
9. Когда яркий цвет каления цоколя исчезнет, опустите опоку в ведро с водой.

Последовательность отливки в центробежной машине

1. Перед выжиганием установите опоку в центробежную машину для хвостого прогона, чтобы убедиться, что опока подходит к машине и определить, понадобится ли люлька для того, чтобы опока располагалась на одном уровне с тиглем. Люлька — это полова металла, которая приподнимает и удерживает опоку, обеспечивая тем самым заливку расплавленного металла по прямой траектории. Гораздо удобнее и эффективнее согласовать все детали, пока опока ещё не нагрета.



Сейчас также самое время проверить, оглазурован ли тигель бурой, чист ли он и надежно ли укреплен в центробежной машине. Как подготовить новый тигель, смотрите ниже. Если тигель уже был в работе, убедитесь, что канал для заливки металла не перекрыт.



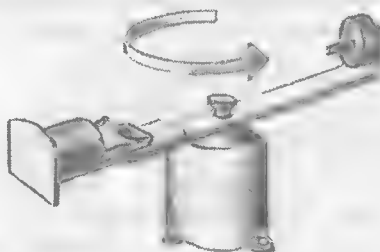
Загрузите металл в тигель и уравновесьте машину, ослабив винт, которым рычаг машины крепится на основании. При этом он станет как бы опорой качелей. Добавляйте или перемещайте противовесы до тех пор, пока рычаг не будет уравновешен, не забывая о том, что из-за потери влаги опока после выжигания станет немного пегче, чем свежезаформованная. Затяните винт.

Не обязательно делать это каждый раз, если от одной отливки к другой вы имеете дело с однотипными изделиями. Так как, к примеру, большинство колец имеет примерно одинаковый вес, то однажды установленное положение равновесия будет таковым и для каждой последующей опоки того же типа.

2. После того, как выжигание закончено, выключите печь и дайте опоке медленно остыть до температуры примерно на 150-200 °C ниже чем температура плавления отливаемого металла. Крупные простые предметы можно отливать в более холодные опоки, чем изделия с филигранными деталями.

3. Поверните рычаг центробежной машины на три оборота. Для этого возьмитесь за рычаг, который фиксируется стопорной шпилькой, так как в конструкции предусмотрен храповик. Если необходимо, спустите завод до тех пор, пока пружина не зафиксирует рычаг там, где вы этого хотите.

Приобретая некоторый опыт, вы, вероятно, обнаружите, что для заполнения формы при отливке некоторых изделий требуется большее усилие, а при отливке других — меньшее. Так, например, для небольшой ажурной отливки может потребоваться 3½ оборота, тогда как для крупного изделия простой формы нужно лишь 2½.



4. При помощи щипцов выньте опоку из муфеля и установите её в центробежную машину. Не забудьте выключить муфель, прежде чем доставать опоку. Во время переноса опоки будьте осторожны, так как её содержимое хрупко. Удар может повредить внутренние детали формы, особенно если модель тонкая.

5. Поместите металл в плавильный тигель. Полезный прием: если вы переплавляете мелкие обрезки металла, заверните их вместе с очень небольшим количеством флюса в клочок бумажной салфетки. Расплавьте закладку металла восстановительным (обогащенным топливом) пламенем, работая как можно быстрее, чтобы свести к минимуму возможность образования оксидов. Чтобы сократить время плавления, некоторые литейщики предварительно разогревают тигель до закладки металла. Постарайтесь не испортить работу спешкой. Работайте большим, но при этом восстановительным пламенем, в противоположность окислительному, которое расплавит металл быстро, но будет причиной появления раковин в отливке. Если, по какой бы то ни было причине, рычаг машины соскользнет, просто отступите назад и дайте машине вращаться до остановки. Не пытайтесь остановить машину.

6. Плавясь, металл теряет исходную форму и собирается в овальное озерцо в центре тигля. Осмотрите это озерцо и убедитесь, что из него не торчат острые ребра и под поверхностью расплава нет твердых частиц. Продолжайте нагревание до тех пор, пока эти признаки твердого металла не исчезнут.

Проверьте расплав, перемешав его специальным стержнем или палочкой. В продажу поступают стержни для перемешивания расплава, представляющие собой кварцевые или углеродные прутки около 30 см длиной и 1 см в диаметре. Можно воспользоваться отрезком проволоки из нержавеющей стали или никрома, а можно и деревянной палочкой. Загрязнения, например, частицы формовочной смеси или пемзы выглядят как ярко-оранжевые светящиеся крапинки на поверхности расплава. Выньте их вдоль стенки тигля с помощью стержня для перемешивания.

Когда металл полностью расплавится, крепче возьмитесь за рычаг машины и потяните его в направлении вращения, чтобы освободить стопорную шпильку. Беритесь только за тот участок рычага, который обеспечивает полный захват; в некоторых литейных машинах противовесы крепятся на резьбовых шпильках, которые могут вращаться (вывинчиваться) и выскальзывать из рук.

7. Убедившись, что металл расплавился, поднимите горелку и одновременно освободите рычаг литейной машины. Это не должно выглядеть как драматический жест: не отскакивайте назад, будто танцор из казачьего ансамбля. Это ни к чему, да и небезопасно.

Дайте центробежной машине беспрепятственно вращаться. Выключите горелку (сначала кислород), и пусть машина замедляет вращение, пока сама не остановится. Возможно, металл затвердеет уже на половине пробег.

8. Когда машина остановится, выньте щипцами опоку и осмотрите цоколь отливки. Как только перестанет светиться красным, опоку можно класть в ведро с водой.



Что можно определить по внешнему виду цоколя отливки

Осмотрев цоколь отливки (металл, застывший в литниковой чаше), можно получить важные сведения об отливке. Возможно, недостатки только что полученной отливки неустраняемы, но вы можете понять, как исправить их в следующий раз.

Как выглядит цоколь:

Цоколь заполняет около 2/3 литниковой чаши.

Цоколь отсутствует, каналы литников не заполнены.

Из цоколя торчат острые ребра и куски металла.

Цоколь соединен перемычкой с плавающим тиглем (возможно, её придется ломать, чтобы вынуть опоку из машины).

Что это значит:

Было взято оптимальное количество металла.

Либо металла недостаточно, либо он не залит в форму. Если отверстие тигля было перекрыто или металл не был расплавлен в момент заливки, закладка будет оставаться в тигле. В этом случае верните форму в центробежную машину и повторите всё сначала.

Другое объяснение – возможно вы взяли слишком мало металла. В этом случае установите недолитую опоку в центробежную машину и повторите заливку. В случае успеха будут отлиты две части изделия, которые после зачистки можно будет припаять друг к другу. Этот прием не дает стопроцентной гарантии, но я видел, как он срабатывает и терять вам нечего.

Еще одно объяснение для незаполненных литников: верхняя стенка опоки была выбита, и металл был выброшен через неё наружу. В этом случае вы найдете слиток металла на опорной пластине центробежной машины.

Либо металл не был полностью расплавлен, когда была приведена в действие центробежная машина; либо в цоколе содержатся металлы с более высокой температурой плавления, которые находились в расплаве в твердом состоянии и были последними выброшены из тигля.

Закладка металла была слишком большой, или металл не заполнил литейную попость. Это может быть следствием неправильного подвода литников, из-за чего резко менялось направление потока металла, либо литник был перекрыт инородной частицей.

Цоколь отливки имеет закругленные поля.

В то время, когда формировался цоколь отливки, металл уже начал затвердевать. Это может и не повредить отливке, но указывает на то, что вы слишком остерегаетесь перегреть металл. В следующий раз грейте немного дольше.

Цоколь отливки покрыт толстым слоем зеленого стекла.

Вы добавляете больше флюса, чем требуется.

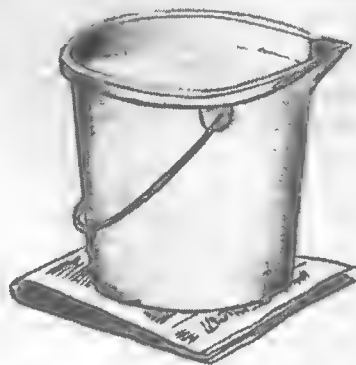
ВЕДРО ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ОПОК

Работайте с пластмассовым ведром; металлическое быстро проржавеет насквозь. Горячая опока может прожечь дно пластмассового ведра, поэтому во время нескольких первых охлаждений удерживайте опоку на весу, а не бросайте в воду. Вскоре дно ведра покроет слой белого осадка, который будет предохранять его от расплавления.

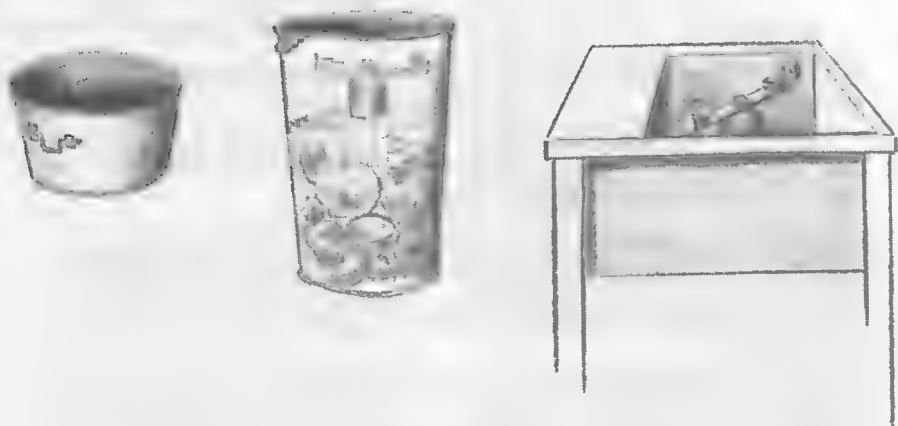
Ведро будет постепенно заполняться отработанной формовочной смесью, напоминающей ил. Она не может быть использована повторно и должна быть выброшена в контейнер для отходов. Не ждите, пока накопится неподъемное количество: обычное ведро, полное формовочной смеси, будет весить 18-22 кг. Легче всего будет выбросить осадок, когда он немного подсохнет, на что может потребоваться неделя или две. Удобно иметь два ведра и пользоваться ими по очереди.

При охлаждении опоки вода разбрызгивается, особенно когда ведро наполнено и вы работаете близко к его верху. Чтобы защитить пол вокруг ведра, застелите его газетами или каким-нибудь покрытием.

Из-за низкого значения pH водно-гипсовая суспензия очень агрессивна. Забытая в ведре опока через неделю может превратиться в тонкое кружево. Как можно скорее соскабливайте с опок все следы формовочной смеси, работая над ведром, а не в раковине. Чистые опоки ставьте для просушки на полку.



Защитные кожухи



С какой бы центробежной машиной вы ни работали, всегда есть риск, что горячий металл разбросает по мастерской. Это не является неизбежностью, но может случиться — и случается. Было бы глупо не предусмотреть защиту от такой опасности.

Защитный кожух представляет собой стенку из листового металла, которая окружает машину со всех сторон, а её верхний край не менее, чем на 7-8 см выше тигля. На рисунках представлено несколько вариантов. Разбросанный

металл трудно доставать из тесных углов, поэтому скруглите переход от стен к полу с помощью шпаклевки или липкой ленты.

Если вы — настоящий первопроходец, то можете сделать центробежную машину из старого велосипедного колеса. Приделайте к нему пружину или просто сильно раскручивайте, когда металл расплавится. Если только опока не очень маленькая, закрепите на колесе напротив тигля противовес. Не забудьте о защитном кожухе.

ЛИТЬЕ В РУЧНОЙ ЦЕНТРИФУГЕ

В этой центробежной системе роль «машины» берет на себя мастер, — источником движущей силы является человек.

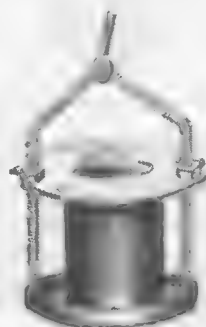
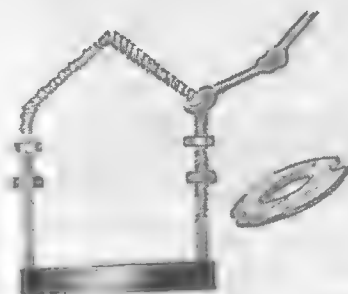
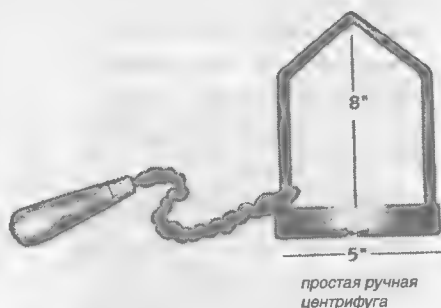
Изготовьте ручную центрифугу согласно рисунку, помня о том, что она не должна быть слишком усложненной. Указанные на рисунке величины подходят для опок размером до 7,5*7,5 см. Для опок, размеры которых намного больше, этот метод литья не рекомендуется.

Требования к литникам должны быть иными, поскольку плавильным тиглем будет служить куполообразная литейная чаша, расположенная наверху опоки. Чтобы металл во время плавления не затекал в литейную полость, литники должны быть достаточно узкими, для того, чтобы поверхностное натяжение металла, противодействуя силе тяжести, не позволило металлу проникнуть в литниковое отверстие. Этого можно добиться, используя литники диаметром не более 1,6 мм. Также можно использовать литники прямоугольного сечения, нарезанные из листового воска соответствующей толщины.

Имейте в виду, что, поскольку литники узкие, их, возможно, понадобится более одного. Возможно, будет необходимо предусмотреть прибыли в литниковой системе (за подробной информацией обращайтесь к главе 2)

Выжигание проводят как обычно. Когда опока будет готова, установите её на жаростойкую поверхность, например, на огнеупорный кирпич и осмотритесь вокруг себя и над собой, чтобы убедиться, что вращению ничего не мешает.

Установите опоку в центре тарелки ручной центрифуги. Если вы пользуетесь усовершенствованной моделью, как на рисунке, опустите удерживающую пластину и закрутите гайки на резьбовых шпильках.



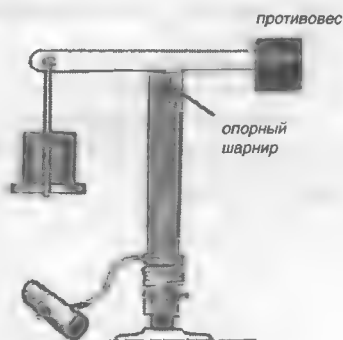
ЛИТЬЕ В РУЧНОЙ ЦЕНТРИФУГЕ (продолжение)

Поместите металл в литейную чашу и расплавьте его горелкой, два раза добавив флюс. Когда металл полностью расплавится, встаньте рядом с центрифугой, поднимите её настолько, чтобы цепь распрямилась, и несколько раз медленно качните её вперед-назад, чтобы привыкнуть. Делая это, горелку от металла не убирайте.

Непосредственно перед заливкой металла проверьте, нет ли на линии вращения препятствий (или людей). Уберите горелку и одновременно начните быстро вращать центрифугу над головой широкими кругами. Скорость не так важна, как постоянное давление — в этом случае оно не только загоняет металл в литейную полость, но и не дает опоке упасть вам на голову. Вращайте центрифугу в течение примерно минуты, затем постепенно замедляйте вращение и остановите её в вертикальном положении. Когда красное свечение цоколя исчезнет, опоку можно охладить в воде. Процесс не лишен некоторого риска, но при разумном и хладнокровном подходе может быть и безопасным, и практичным.



Простую центробежную машину можно изготовить из двух телескопических трубок. К трубке большего диаметра приварите поперечную перекладину и каким-либо способом закрепите на ней противовес. Намотайте на вертикальную стойку веревку, за которую нужно будет потянуть, когда металл расплавится. Это заставит трубку вращаться, опока придет в горизонтальное положение и металл зальется в литейную полость. Наверное, нет нужды повторять, что все устройство должно быть надежно закреплено на устойчивом основании.



ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ПАРА

Этот простой и эффективный метод основан на непосредственном использовании свойств только что прокаленной формы — она горячая — для создания давления, загоняющего металл в литейную полость. Этот метод пригоден для опок любых размеров и форм, но имеет свои ограничения при отливке крупных изделий, так как в этом случае будет необходима сложная система литников.

Как и при литье в ручной центрифуге, плавильным тиглем будет служить куполообразная литниковая чаша вверх опок. Чтобы расплавленный металл не капал в полость формы, литники должны быть не толще 1,6 мм. Возможно, литниковую чашу придется вырезать или увеличить, в зависимости от того, какое основание опоки было использовано при формовке. Это делают до выжигания, вырезая формовочную смесь ножом. Если делать это после выжигания воска из формы, кусочки формовочной смеси могут упасть в полость и закупорить её.

Приспособление для литья под давлением пара легко сделать из большой крышки от банки и деревянного шпунта или рукоятки от напильника. Внутрь крышки положите слой газет или бумажных салфеток толщиной 5-6 мм. Точность здесь не важна, но следите, чтобы толщина этой подушки была достаточной и приблизительно соответствовала высоте крышки (или чуть больше). Опустите крышку в воду, чтобы бумага хорошо пропиталась.

Закончив прокаливание и слегка охладив опоку, установите её на горизонтальную жаростойкую поверхность и положите в литниковую чашу предназначенный для отливки металл. Расплавьте его с помощью горелки, во время плавления один-два раза добавляйте флюс. Не используйте слишком много флюса — щепотки вполне достаточно.

Когда металл расплавится, уберите горелку и плотно прижмите крышку к опоке, где под действием жара расплавленного металла, пропитавшая бумага вода, мгновенно превратится в пар. Так как объем пара намного больше, чем объем соответствующего количества жидкости, при этом возникает сильное внешнее давление, загоняющее расплавленный металл в полость формы.

Нажимайте на крышку с достаточной силой, чтобы давление пара могло распространяться только вниз, и удерживайте её таким образом примерно полминуты. Когда исчезнет красное свечение цоколя опок, опоку можно будет охладить в воде.

Чтобы сделать этот простой процесс ещё проще, воспользуйтесь вместо крышки большой сырой картофелины. Чтобы избежать от ожогов, наденьте на руку перчатку. Этот способ не рекомендуется для отливок массой более 30 г.



ВАКУУМНОЕ ЛИТЬЕ

(литье под давлением)

Этот распространенный метод литья основан на использовании пониженного давления, которое сквозь пористую формовочную смесь втягивает расплавленный металл в литейную полость. Среди его преимуществ – то, что перед заливкой металла из полости удаляются нежелательные газы, и то, что он более безопасен для мастера, поскольку ему не приходится работать с вращающимися механизмами.

Оборудование

Необходим вакуумный насос, способный создать сильное и равномерное разрежение. Описанный в главе 3 аппарат для вакуумной формовки обычно пригоден и для вакуумного литья. Большинство аппаратов промышленного производства имеют отдельные столики для формовки и для отливки, но оба процесса могут происходить на одном и том же столике, если использовать соответствующие прокладки.

Для формовки нужна прокладка из относительно мягкой резины, диаметр которой больше диаметра основания колокола хотя бы на несколько сантиметров. Для отливки потребуется прокладка меньшего диаметра из жаростойкой силиконовой резины. В крайнем случае, можно воспользоваться стопкой увлажненных бумажных салфеток толщиной 3–4 мм.

1. До начала выжигания проверьте герметичность вакуумной камеры.
2. Расплавьте металл в литейном ковше или в печи, по мере необходимости добавляя флюс.
3. Когда металл нагреется почти до оптимальной для литья температуры, установите опоку на резиновую прокладку, литниковой чашей вверх, непосредственно над отверстием для подключения вакуума.
4. Включите вакуумный насос и переключите вакуум на столик для литья. Проверьте манометр и убедитесь, что давление на опоку составляет, по крайней мере – 635 мм рт.ст. Если соединение негерметично, прижмите опоку щипцами.
5. Залейте металл в опоку гладкой непрерывной струей.
6. Спустя примерно полминуты отключите вакуум, выньте опоку и дайте ей остыть. Когда красное свечение цоколя исчезнет, охладите опоку в холодной воде.

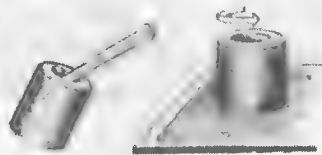
Последовательность операций при вакуумном литье

1. Перед выжиганием убедитесь, что опока будет хорошо удерживать вакуум и равномерно его распределять. Для равномерного распределения вакуума по объему опоки оставьте её край открытым, либо, не заливая формовочную смесь доверху, либо вырежьте часть формовочной смеси после того, как она затвердеет.

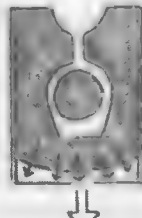
Если есть сомнения относительно расстояния между верхом модели и верхом опоки, можно вырезать купол, как показано на рисунке. Как правило, толщина формы в этом месте должна быть 12-13 мм.

Чтобы опока хорошо удерживала вакуум, зашлифуйте её верхний край на грубой наждачной бумаге. Если на нем есть углубления, они будут видны как темные, не отшлифованные пятна на фоне блестящего ободка. Продолжайте шлифовку, пока все углубления не исчезнут. Под струей воды смойте все прилипшие к формовочной смеси стальные опилки. Разумеется, все это должно быть сделано до выжигания воска.

Можно также проверить герметичность соединения, установив опоку на вакуумный столик с прокладкой из силиконовой резины и включив насос. Манометр должен показывать, по крайней мере, 635 мм рт. ст.



неравномерное
распределения
вакуума



углубление способствует
равномерному
распределению вакуума

2. Если предполагается использовать автономную тигельную печь, было бы хорошо включить её, пока идут последние приготовления. Продолжительность плавки будет зависеть от количества и вида металла, а так же от размеров и качества печи; на это может потребоваться от 1 до 10 минут.

Если вы будете работать с литейным ковшом, установите его на жаростойкую поверхность, так чтобы стоя у вакуумного аппарата до него можно было дотянуться рукой, и начинайте плавить металл, добавляя флюс, как обычно. Когда металл расплавится, добавьте еще щепотку флюса и приведите металл во вращение, чтобы убедиться в том, что в расплаве не осталось твердых частиц.

3 Установите прокаленную опоку на вакуумно-заливочный столик, снабженный прокладкой из силиконовой резины. Центр опоки должен находиться точно над отверстием для подвода вакуума. Чтобы продлить срок службы силиконовой прокладки, защитите её несколькими слоями увлажненных бумажных полотенец с отверстием посередине.

Включите аппарат и, наблюдая за показаниями манометра, убедитесь, что опока хорошо удерживает вакуум. Если нет, прижмите её щипцами. Если и это не работает, попробуйте передвинуть или перевернуть прокладку.

Когда металл полностью расплавится, поднесите ковш к форме сверху и наклоните его так, чтобы расплавленный металл балансировал на краю. Залейте металл в литниковую чашу непрерывной струей. Не выплескивайте металл случайными движениями, но в то же время не стоит слишком медлить. Если

Последовательность операций при вакуумном литье (продолжение)

плавка производилась с помощью горелки, держите ее над краем ковша, чтобы металл вытекал сквозь пламя.

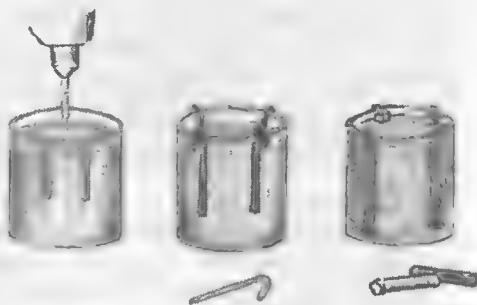
Спустя полминуты после заливки вакуумный аппарат можно выключить и отставить опоку в сторону для охлаждения. Не оставляйте опоку остывать на прокладке, так как это ведет к неоправданному износу резины. После того, как исчезнет красное свечение цоколя отливки, опоку можно охладить в воде.

Если использовать литниковую систему, описанную ранее для литья в ручной центрифуге или под давлением пара, то можно плавить металл непосредственно в литниковой чаше. Включите вакуум тогда, когда металл полностью расплавится.

КАНАЛЫ ДЛЯ ПОДВОДКИ ВАКУУМА

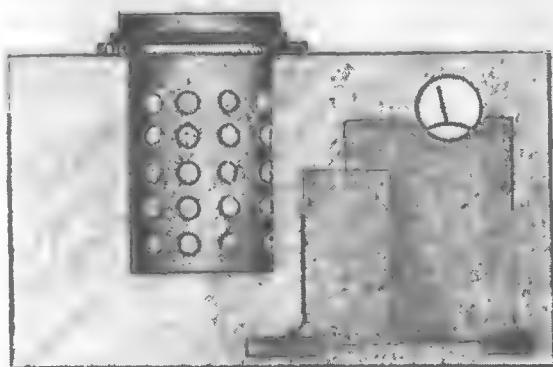
Если модель тонкая, ее детали расположены радиально от центра опоки, было бы хорошо подвести вакуум к внешним краям формы, чтобы всасывающее действие было направлено от центра. Для этого просверлите в затвердевшей формовочной смеси каналы диаметром около 3 мм. Потом обязательно очистите и высушите сверло, иначе оно быстро заржавеет.

Вместо этого можно перед формовкой навесить на края опоки стержни из толстой стальной проволоки. Перед выжиганием их удаляют. Стержни можно также сделать из воска или из соломинок для коктейля; тогда они сгорят во время выжигания. Если вы используете соломинки, обрежьте их таким образом, чтобы их длина была примерно на 12-13 мм меньше высоты опоки, и запечатайте нижние концы воском. Сразу же после заполнения опоки формовочной смесью вставьте их на место и закрепите с помощью заколок-невидимок для волос. Перед выжиганием невидимки удалите.



ПЕРФОРИРОВАННЫЕ ОПОКИ

Для того, чтобы при изготовлении крупной отливки подвести вакуум к форме со всех сторон, нужна специальная опока. Она представляет собой сосуд со множеством отверстий, фактически это не столько опока, сколько каркас, поддерживающий формовочную смесь. Во время изготовления формы на опоку надевают резиновый рукав, который не дает формовочной смеси растекаться и снимается после её затвердевания. Как показано на рисунке, опоку вставляют в особый образом сконструированную вакуумную камеру, где её со всех сторон окружает разреженная атмосфера. Такую вакуумную камеру можно сделать самостоятельно из обычной опоки (или металлической кофейной банки), которая на 2,5-5см больше перфорированной опоки. Закройте камеру сверху листом алюминия или стали.



Очистка отливок

После завершения отливки бросьте все еще горячую опоку в ведро с водой, где она будет пузыриться и шипеть, пока формовочная смесь растрескивается, освобождая опоку и отливку. Вы можете охладить опоку до комнатной температуры на воздухе, а потом обколоть формовочную смесь, но это требует некоторых усилий и может повредить отливку.

Очистите опоку, отскоблив её ножом (вполне пригоден старый нож для масла) и отставьте в сторону для просушки. Пальцами или тем же самым ножом удалите с отливки рыхлую формовочную смесь.

В промышленной мастерской отливки очищают, помещая их под сопло, подающее пар высокого давления или в ультразвуковых ваннах с раствором, который имеется в продаже специально для этой цели.

В небольшой мастерской отливки можно очищать зубной щеткой. Сначала это делают в ведре для охлаждения опок, где счищается большая часть формовочной смеси, а затем окончательно отмывают над раковиной. Когда с отливки и её цоколя удалены все следы формовочной смеси, их очищают в теплом растворе отбела.

Модели необходимы не для всех отливок, а литейные формы в некоторых случаях настолько необходимы, что этот термин едва ли к ним применим. Методы литья, описанные в этой главе, как правило, являются первобытными как в историческом, так и в эстетическом смысле. Они более простые, чем литье с использованием формовочной смеси, для них требуется меньше оборудования и они состоят из меньшего количества стадий.

Литейный ковш



Это простой ковш, состоящий из керамического тигля и стальной ручки, который можно приобрести у многих производителей литейного оборудования, перечисленных в конце книги. Для каждого отливаемого металла следует иметь отдельный ковш.

Литейные ковши могут служить долго, но в конце концов трескаются, поэтому я советую вам иметь один про запас. Отбитые края не представляют никакой угрозы, но при первых признаках трещин в центре вы должны выбросить тигель. Безопасность лучше, чем сожаления.

Между использованиями храните тигли в плотно закрытом пластиковом

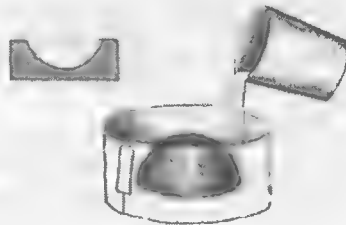
мешке, чтобы они не потягивали влагу. При нагревании влажного тигля вода превратится в пар, что может привести к растрескиванию тигля. Перед первым использованием оглазируйте тигель бурой, чтобы закрыть его поры и перекрыть доступ кислорода к металлу снизу.

Чтобы сделать это, поместите тигель на огнеупорную поверхность и нагрейте пламенем горелки до ярко-красного свечения. Перемещая пламя по стенкам тигля, посыпайте его изнутри бурой, пока вся внутренняя поверхность не покроется стекловидным слоем. Дайте тиглю остыть на воздухе в безопасном месте.

САМОДЕЛЬНЫЙ ПЛАВИЛЬНЫЙ ТИГЕЛЬ

Литейщики, обладающие исследовательской жилкой, могут делать свои собственные тигли из формовочной смеси. Если вы незнакомы с этим гипсоподобным материалом, смотрите его описание в главе 3.

Придайте комку глины полусферическую форму, соответствующую форме внутренней поверхности ковша. Поместите глину на плоскую поверхность и окружите стенкой из глины, пластика или картона, затем затворите формовочную смесь, как было описано ранее. Чтобы придать тиглю жаропрочность, подмешайте порошок пемзы в количестве от 1/3 до 1/2 по отношению к формовочной смеси. Залейте эту смесь в форму и постучите по её стенке, чтобы выпустить пузырьки воздуха. Оставьте тигель сохнуть до следующего дня, затем уберите части формы и обожгите при 300 °C. Дайте ему медленно остыть на воздухе — и он готов к работе.



Литейный ковш из огнеупорного кирпича

Вместо обычного плавильного тигля можно использовать огнеупорный кирпич с углублением, прикрепив к нему ручку или зажав его в щипцах. В некоторых литейных формах можно вырезать углубление рядом с литей-



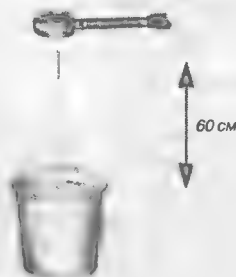
ной полостью, что дает возможность делать заливку просто наклоня форму, когда металл расплавится.

Ручки ковшей могут быть изготовлены из любой жесткой металлической полосы. В хозяйственных магазинах продаются алюминиевые полосы около 2,5 см шириной и 3 мм толщиной, которые хороши тем, что их легко гнуть и сверлить в них отверстия под болты. Можно также использовать круглый прут (например, сварочный электрод), но я бы посоветовал плоско расковать его в области рукоятки, чтобы обеспечить уверенный захват.

ЛИТЬЕ В ВОДУ

Выливая расплавленный металл в воду, можно получить некоторые интересные эффекты. Результаты будут различными в зависимости от:

- температуры металла
- глубины и температуры воды
- вида используемого металла
- количества отливаемого металла
- скорости и способа литья



Расплавьте металл в литейном ковше или кирпиче с углублением, раз или два добавив флюс. Глубина воды должна быть достаточной для того, чтобы металл полностью остыл прежде, чем упасть на дно. Если ведро слишком мелкое, металл прилипнет к металлическому дну или расплавит пластмассовое.

Держите литейный ковш на расстоянии, по меньшей мере, 60 см над поверхностью воды и лейте расплавленный металл в воду, экспериментируя с большими и малыми порциями, с движением тигля во время литья. Добивайтесь различных эффектов, меняя расстояние между тиглем и водой. Рассортируйте полученные отливки, отберите наиболее интересные формы, остальное переплавьте.

Можно попробовать лить в воду со льдом, в насыщенный раствор соли, в движущуюся воду, в кипящую воду и так далее. При литье в холодную спокойную воду получаются характерные для этого метода «зерна воздушной кукурузы». Их можно использовать в качестве деталей ювелирных изделий, но не рекомендуется использовать как гранулированный металл для отливки, поскольку из-за большой площади поверхности они могут сильно окислиться при переплаве.

Чтобы делать гранулированный металл, лучше просверлить сверлом несколько небольших отверстий в дне нового ковша. Нагревайте металл, пока он не начнет капать через отверстия, добавляя по мере расходования новые порции. Металл должен падать в горячую вращающуюся воду с высоты не менее 60 см. При этом получаются небольшие сферические гранулы, которые легко переплавлять. Никогда не лейте расплавленный металл в горючие жидкости.

НЕКОТОРЫЕ СРЕДЫ ДЛЯ ЛИТЬЯ

- опилки
- каменная соль
- песок
- шероховатое дерево
- мягкая земля
- расплавленный сахар

Важная особенность всех этих материалов то, что их частицы, попавшие в металл, могут быть удалены, обычно растворением или выжиганием. Можно, например, лить металл на крупный песок или гравий, но если какой-то камешек попадет внутрь отливки, его невозможно будет извлечь.

Литейные формы из резного камня

Навахо и другие племена коренных американцев издавна делали отливки в слежавшийся вулканический пепел, так же называемый известковым или вулканическим туфом. Этот камень распространен во всем мире. Он настолько мягок, что его можно пилить плотницкой пилкой и обрабатывать с помощью гвоздей, старых напильников или деревянных инструментов. Иногда он бывает в продаже у поставщиков литейного оборудования.

В качестве заменителя можно использовать легкие огнеупорные кирпичи. Некоторые из них похожи на губку с большими порами, что делает отливку бугристой, а получение качественного изделия — практически невозможным. Работайте только с мелкопористым кирпичом.

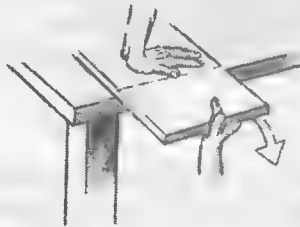
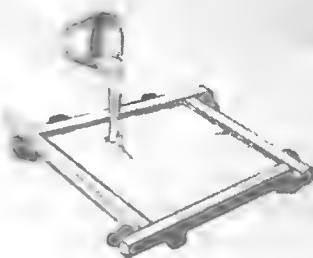
Лучший выбор — блоки прессованного древесного угля. Самый большой их недостаток — цена, которая высока, особенно если отливки будут большими. Однако для небольших изделий, когда несколько штук может быть отлито в одном блоке, цена вполне приемлема. Прессованный уголь труднее резать, чем туф, но он будет отлично воспроизводить текстуру.

Изготовление блоков для литейных форм

Еще один заменитель можно изготовить в мастерской из формовочной смеси или обычного гипса.

Ограничьте с помощью брусков участок плоской поверхности (лучше всего подойдет лист плексигласа), бруски зафиксируйте глиной. Затворите формовочную смесь или гипс как описано в главе 3 и удалите пузырьки воздуха постукиванием, вибрацией

или вакуумированием. Залейте смесь в форму и оставьте затвердевать не менее часа. Затем бруски можно снять и, если нужно, сдвигать надрезы для деления на блоки. Чтобы надрезать гипс, воспользуйтесь ножом и линейкой. Затем сдвиньте блок с плоской поверхности и переломите о край стола.



Сушка блоков для литья

Дайте заготовкам для формы хорошо просохнуть. Их можно просушить на воздухе или ускорить процесс, поместив их на солнце или под лампу, или в муфель при минимальной температуре. Однако они **ОБЯЗАТЕЛЬНО ДОЛЖНЫ БЫТЬ СУХИМИ!** Даже небольшое количество влаги при контакте с расплавленным металлом превратится в пар, и этот пар будет создавать встречное давление на металл, не давая ему заполнить литейную полость.

Кроме того, это может привести к «выплывыванию» металла из полости, что небезопасно.

В зависимости от сложности и размеров отливки и, разумеется, при отсутствии поднутрений в такой форме можно получить до десятка отливок. Детали формы будут постепенно разрушаться, так что каждая отливка будет немного более искаженной или потребует более тщательной отделки, чем предыдущая.

КАК «ВДАВИТЬ» МЕТАЛЛ В ФОРМУ

1. Плоско зашлифуйте поверхность блока (гипс, уголь, туф и т.д.) на грубой наждачной бумаге.

2. Вырежьте, выскоблите или отесните в форме углубление. Глубина полости будет соответствовать толщине отливки.

3. Если материал формы плотный и/или объем полости большой, прорежьте радиально расположенные каналы – выпоры.

4. Положите в литейную полость кусочки металла и расплавьте их горелкой, подсыпав немного флюса в середине плавки.

5. Когда металл полностью расплавится, уберите горелку и немедленно прижмите озерцо металла огнеупорным материалом с плоской поверхностью, например, еще одним блоком для формы. Держите его плотно прижатым около 30 секунд.



ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ: ЭТА ОПЕРАЦИЯ МОЖЕТ БЫТЬ ОПАСНОЙ. ЛУЧШЕ СТОЯТЬ, ЧЕМ СИДЕТЬ, ЧТОБЫ МОЖНО БЫЛО БЫСТРО ОТОДВИНУТЬСЯ, ЕСЛИ ИЗ ФОРМЫ БУДЕТ ВЫДАВЛЕН РАСПЛАВЛЕННЫЙ МЕТАЛЛ. РАБОТАЙТЕ В ОГНЕУПОРНОМ ЗАЩИТНОМ ФАРТУКЕ И ПЕРЧАТКАХ.

ЛИТЬЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

1. Подготовьте два блока для литейной формы с идеально плоскими поверхностями, притерев каждый из них на наждачной бумаге.

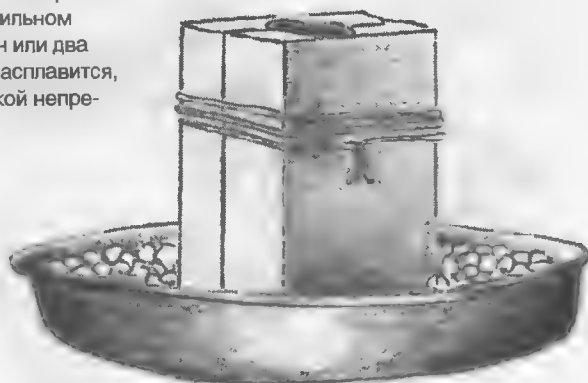
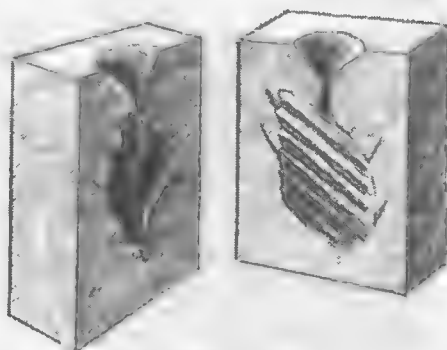
2. В одном из блоков вырежьте литейную полость нужной конфигурации. Возможна отливка изделия с двусторонним рельефом, но в этом случае будет трудно добиться точного совмещения двух частей. Вы можете решить эту проблему, сделав рельеф одной из сторон произвольным.

3. Процарапайте радиальные выпоры.

4. Вырежьте литниковый канал по направлению от самой массивной части отливки к внешнему краю литейной формы и расширьте его наверху до воронкообразной формы. Этот литник должен быть не длиннее 2,5 см.

5. Обе половины литейной формы свяжите проволокой вместе.

6. Установите форму в поддон, и слегка подогрейте пламенем горелки. Расплавьте металл в плавильном ковше, добавив флюс один или два раза. Когда весь металл расплавится, залейте его в форму гладкой непрерывной струей.



Литье в формы из сепиолита

Меня потрясает мысль о том, что же заставило первого литейщика попробовать изготовить питейную форму из скелета головоногого моллюска. Что бы это ни было, результат оказался достаточно занимательным для того, чтобы последовали дальнейшие эксперименты, в результате которых появился гибкий и интересный материал для питья.

МАТЕРИАЛ

Скелетная кость каракатицы, или сепиолит, состоит из белого кальцийсодержащего известкового материала, настолько мягкого, что его можно царапать ногтем. С одной стороны кость покрыта слоем плотного вещества, напоминающего пластмассу. В толще кости видны неровные линии роста животного, похожие на годовые кольца дерева. Небольшие кости каракатиц продают в зоомагазинах — для попугаев, которые точат об них свои клювы. Более подходящие для

литья крупные кости продают организации, торгующие ювелирным оборудованием, по цене около доллара за штуку.

Нижеследующие указания касаются крупных костей, из которых изготавливают обе попоины литейной формы, но возможны и различные варианты, включая изготовление задней части формы из другого материала.



Последовательность литья в сепиолит

1. Отпилите концы большой кости ювелирной или ручной лучковой пилой.

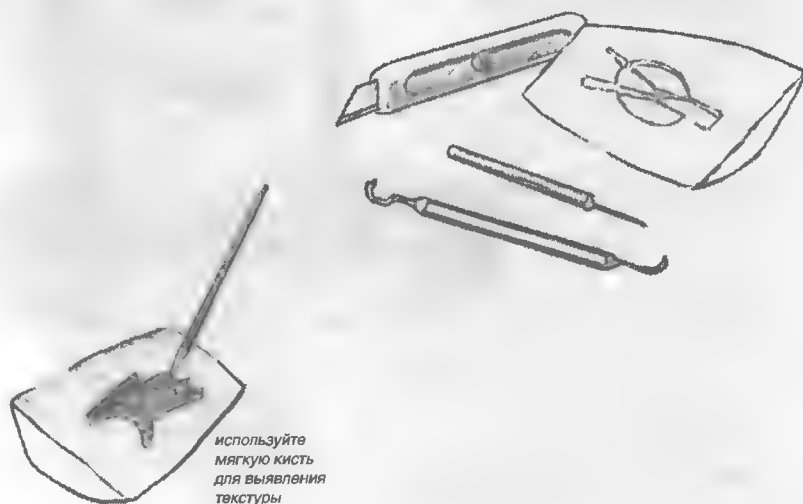


2. Выровняйте мягкую сторону кости, притерев её на наждачной бумаге или на любой другой грубой поверхности, например, на бетоне.

3. Распилите кость пополам. Продолжайте выравнивать, притирая обе половины плоской стороной друг к другу произвольными круговыми движениями. Так как при этом образуется много пыли, работайте над лотком для сбора мусора.

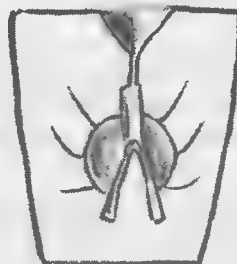


4. Вырежьте или оттисните в кости рельеф, сдувая образующуюся пыль. Если вы хотите акцентировать pineynую текстуру, осторожно обработайте полость сухой рисовальной кистью.



Последовательность литья в сепиолит (продолжение)

5. Вырежьте литник по направлению от массивной части отливки к торцу кости. Придайте ему форму воронки. Литник должен быть не длиннее 2,5 см.



6. Процарапайте в форме тонкие радиальные каналы-воронки.

7. Свяжите проволокой обе половины формы и установите её вертикально в поддоне с песком или пемзой. Это не обязательно, но удобно и обезопасит вас в случае разбрызгивания

металла.

8. Расплавьте металл в тигле и залейте его в форму. При этом появится характерный запах горящих рыбьих костей. Дайте металлу остыть примерно в течение минуты, затем раскройте форму и выньте отливку пинцетом. Литейные формы из сепиолита можно использовать только один раз.



ТЕКСТУРА

Интересная текстура линий сепиолита — то, что делает его таким привлекательным и одновременно затрудняет его правильное использование. До тех пор, пока затейливая текстура — всего лишь дань Матери-Природе, она не будет автоматически обеспечивать создание хорошего ювелирного изделия. Для того, чтобы вы как дизайнер могли извлечь из текстуры пользу, подумайте о выявлении контраста между глубоко текстурированными и гладкими участками, что может быть достигнуто опиливанием или выравниванием определенных участков готовой отливки, либо комбинированием отлитых в сепиолит деталей с пистами металла, обработанными другими способами.



ЛИТЬЕ В СЕПИОЛИТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ

Эта техника так же может быть использована для копирования объекта, не подлежащего выжиганию при отливке в литейную форму из формовочной смеси. Модель можно вырезать, например, из дерева, или можно скопировать готовую металлическую отливку. НА МОДЕЛИ НЕ ДОЛЖНО БЫТЬ ПОДНУТРЕНИЙ.

1. Начните работу как описано выше, убедившись, что кость достаточно велика и вокруг отливки будет слой сепиолита толщиной не менее 5-7мм. Подготовьте поверхности, сделав их настолько ровными, чтобы щель между ними не была видна на просвет.

2. Определите ориентацию модели и место, к которому будет подведен литник. Вдавите модель в сепиолит до **всплывания**.

3. Прижмите к модели вторую половину формы, распределяя давление как можно шире, чтобы хрупкий сепиолит не треснул. Сжимайте до тех пор, пока обе части не будут соприкасаться вдоль всей их плоской поверх-

ности. По линии разъема формы сделайте пилой или напильником несколько засечек, которые помогут точно совместить половинки формы.

4. Осторожно раскройте форму и выньте модель. Если надо выявить текстуру сепиолита, обработайте литейную попость мягкой кистью.

5. С помощью ножа или подобного ему инструмента вырежьте в обеих частях формы литник и литниковую воронку, обращая внимание на то, чтобы осколки сепиолита не засоряли литейную полость. Прорежьте радиальные выпоры от самых массивных частей отливки.

6. Сложите половинки формы вместе, тщательно совмещая засечки. Свяжите форму проволокой и установите на поддоне в вертикальном положении.

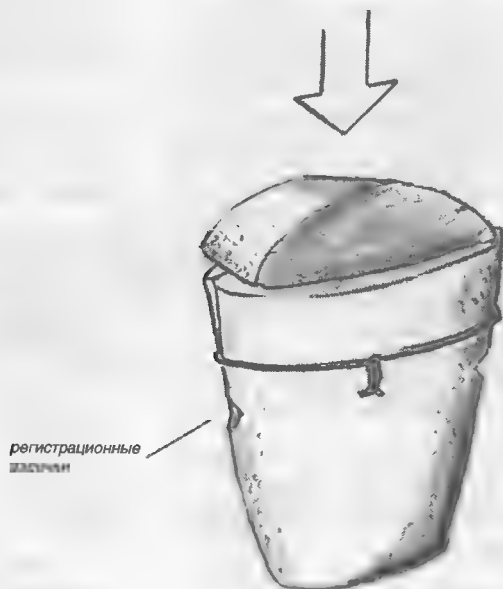
7. Расплавьте металл для отливки в литейном ковше, дважды добавив флюс. Залейте расплавленный металл в форму гладкой непрерывной струей.

Сепиолитовая форма из трех частей

Для отливки сложных моделей можно изготовить литейную форму, состоящую из трех частей, как показано на рисунке. Нижнюю часть изображенного здесь кольца обрабатывают, как было описано выше, расположив его таким образом, чтобы верхняя часть выступала над половинками формы. Сделав засечки, модель вынимают и зашлифовывают верхнюю плоскость формы. Затем шлифуют толстый кусок сепиолита, чтобы он плотно прилегал к этой плоскости.

Форму раскрывают и осторожно вставляют модель на место. Выступающую часть модели вдавливают в верхнюю часть формы и делают засечки или наносят метки с помощью маркера. Затем форму разбирают и удаляют модель. Вырезают литниковый канал, собирают форму и связывают ее проволокой.

Хотя такой способ копирования металлических объектов изрядно потеснили эластичные резиновые формы, когда-то он был для ювелиров вполне обычной практикой.



регистрационные
засечки

ПРЕИМУЩЕСТВА

- дешевизна
- простое оборудование, не требующее сложного ухода
- гибкость

ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙНА ИЗДЕЛИЙ

В песчаных формах трудно будет получать отливки, на которых имеются поднутрения. Поскольку модель удаляют из литейной формы механическим способом, при попытке поднять модель с поднутрением часть формы будет разрушена. В некоторых случаях, бывает возможно конструирование литейных форм, состоящих из нескольких частей, но в наш век резиновых форм и литья с использованием формовочной смеси сложные изделия отливают именно этими методами.

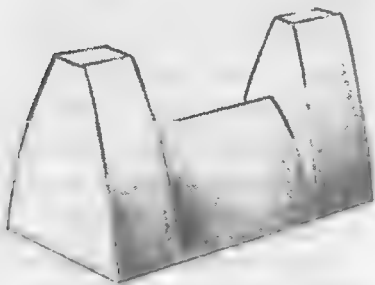
Это не означает, что литье в песок устарело – вовсе нет. В песчаных формах ежегодно отливают миллионы изделий – от небольших деталей машин до гигантских архитектурных конструкций.

МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

- мелкий песок, также называемый зеленым или французским песком
- рамки для формы - верхняя и нижняя
- нагревательный источник для плавления металла
- несколько гладких пластин из стекла, пластмассы или дерева (их называют подмодельными щитками)
- припыл, сухой разделительный состав
- сито (также называемое грохотом), деревянные трамбовки для уплотнения песка, пинцеты.

Модели

Модели для литья в песчаные формы должны выдерживать сильное давление при набивке, поэтому их обычно делают из металла, пластмассы или твердой древесины, например из



красного дерева или вишни. Все материалы можно комбинировать; детали склеивают, спаивают или соединяют винтами.

Для того чтобы закрыть поры деревянной модели, её гладко шлифуют наждачной бумагой и покрывают несколькими слоями шеллака или лака. Избегайте идеально вертикальных сторон, вырезая модели с небольшим скосом, его называют ещё конусом или уклоном. Модели можно использовать для получения сотен отливок, поэтому при их изготовлении имеет смысл добиваться идеального качества, сколько бы времени на это ни потребо-

важно.

ПЕСОК ДЛЯ ЛИТЬЯ

Как и следовало предположить, при литье в песчаные формы качество песка является решающим моментом. Размер и форма зерен песка повлияют на четкость деталей отливки и, фактически, на успех или провал работы в целом.

Чем мельче песок, тем лучше он будет передавать мелкие детали отливки. Мелкий песок необходим ещё и потому, что сделанная из него форма будет плотной и прочной. Конечно, можно найти где-нибудь неподалеку песчаные россыпи и отсеевать самую мелкую фракцию, но более реалистичное решение – связаться с поставщиком песка промышленного производства. Теперь это не так просто сделать, как раньше. С тех пор, как главная роль в ювелирной промышленности стала принадлежать формовочной смеси, многие из них перестали поставлять песок высшего качества. Один из возможных источников – местные литейные мастерские, которые, возможно, покупают песок в больших количествах и смогут выделить ту малость, которая нужна ювелиру. В крайнем случае, можно использовать тонко размолотую пемзу, но специальный песок для литья все же лучше. Из пляжного песка нельзя изготовить хорошую литейную форму, так как морской прибой обкатывает зерна песка, придавая им сферическую форму, из-за чего они плохо сцепляются друг с другом.

НАТУРАЛЬНЫЙ ПЕСОК:

Этот термин относится к широкому ряду разновидностей песка для литья, которые используются практически в том же виде, в каком они существуют в природе. Они представляют собой смесь кварцевого песка с некоторым количеством глины, обычно от 10 до 30%. Такие пески называются по названию их месторождения, например, два популярных типа – песок из Олбани и песок из Грили (Колорадо). Французский песок (да, из Франции) содержит 16,5% глины и поступает в продажу в виде нескольких фракций от 135 до 175 меш.

Вот что писал Бенвенуто Челпини в 1560 г.: «Глина из Франции, добываемая близ Парижа – самая лучшая, какую я когда-либо видел. Как правило, глина из пещер лучше речной».

ИСКУССТВЕННЫЙ ПЕСОК:

Такое название обманчиво, поскольку все ингредиенты имеют природное происхождение. Искусственным является сочетание ингредиентов, которые в природе обычно не встречаются вместе. В состав смеси входит не содержащий глины кварцевый песок с необходимыми зернами. Другой компонент – глина, мелкодисперсный алюмосиликат, который называется бетоном по названию месторождения (Форт Бентон, Монтана).

Во многих промышленных литейных мастерских используют смесь песка и глины (и иногда синтетических смол), называемую литейным песком. Литейные формы из этого материала делают согласно вышеприведенному описанию, но затем обжигают в печах, как керамические изделия. Формы получаются очень прочными, но сам процесс больше подходит для промышленного изготовления больших стальных отливок, чем для ювелирных нужд. Если бы кто-то из ювелиров захотел использовать этот способ, ему было бы гораздо проще остановиться на методе литья по выплавляемым моделям.

Приемлемым упрощением будет работа с так называемыми подсушенными формами. Такие формы более прочны и, если изготовить их в точном соответствии с технологическими требованиями, обеспечивают получение отливок с исключительно гладкой поверхностью.

После изготовления песчаной формы обычным способом на ее рабочую поверхность наносят из пульверизатора смесь из 10 частей воды и 1 части мелассы (черной патоки). После сушки на воздухе форму осторожно нагревают небольшим пламенем горелки, чтобы подплавить сахаристую смесь. Отливку производят как обычно.

Увлажнение литейного песка

Для того, чтобы песок хорошо держал форму, он должен быть увлажнен (пропитан) водой или маслом. Преимущество воды состоит в том, что переувлажненную смесь легко подсушить. Преимущество масла – в том, что смесь не пересыхает, когда ею не пользуются.

Для того, чтобы приготовить увлажненный водой литейный песок, его разравнивают в поддоне или в низком плоском ящике и опрыскивают чистой водой из пульверизатора (для растений или другого). Чтобы качество формы было оптимальным, воды расходуют как можно меньше, примерно менее 5%. Тщательно перемешивайте песок и воду руками или лопаткой. Продолжайте осторожно добавлять воду до тех пор, пока сжатый в кулаке комок песка не будет точно воспроизводить мельчайшие детали отпечатка ладони. Смесь не должна быть влажной на ощупь; если зерна песка прилипают к вашей ладони, – значит, он переувлажнен. Если края комка осыпаются, – значит, смесь слишком сухая. При оптимальной

консистенции плотно сжатый комок будет настолько прочным, что не рассыплется, даже если уронить его обратно в ящик с песком.

Даже если песок выглядит хорошим, он может быть немного более влажным, чем требуется. Если возможно, дайте воде впитаться, приготовив песок идеальной консистенции за день до использования. Это позволит воде более равномерно распределиться и в то же время слегка подсохнуть. Если было добавлено слишком много воды, разровняйте песок в поддоне и оставьте его подсыхать на солнце или воспользуйтесь феном, если вы спешите.



Литейный песок на масляном связующем

Распространенным связующим для литейного песка является глицерин, который можно купить практически в любой аптеке. Его смешивают с песком тем же способом, что и воду.

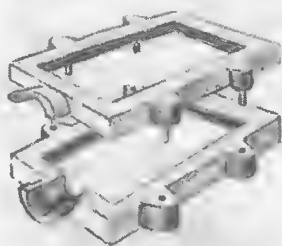
Замешанный на воде песок через день-два высохнет и его нужно будет увлажнить вновь. Песок на масляном связующем высыхает только во время отливки, когда жар расплавленного металла выжигает масло. Время от времени он требует обновления, но намного реже, чем песок на водной основе.

Так как масло не высыхает, если подмешать его к песку слишком много, это может стать проблемой. Для её решения держите в запасе сухой песок. Если в случайно переувлажните смесь, это можно будет компенсировать, просеив в неё через сито сухой песок.

Вместо того, чтобы засорять головку распылителя, можно разбрызгивать масло по песку другим способом, но в этом случае для пропитки песка маслом потребуется более тщательное перемешивание. Чтобы ускорить процесс, вновь и вновь просеивайте песок сквозь пальцы. В этом смогут хорошо помочь несколько маленьких детей. К тому времени, когда они построят и разрушат пятый замок, песок будет весьма неплохо перемешан.

Если песок замешан на масляном связующем, ждать не обязательно, но было бы полезно дать смеси устояться до следующего дня. Масло распределится равномерно, если слегка подогреть песок.

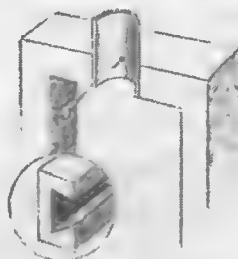
ВЕРХНЯЯ И НИЖНЯЯ ОПОКИ



Рамки опок обычно делают из литого чугуна, они бывают разных форм и размеров, приобрести их можно в организациях, торгующих литейным оборудованием. Обе половины опок идентичны, за исключением, того что на верхней имеются центрирующие штыри, а на нижней – втулки. Опока в сборе будет стоить от 20\$, в зависимости от размера. Это хорошее капиталовложение, поскольку срок её службы неограничен. Для изготовления высоких форм применяют удлиняющие кольца или щечки, но для ювелирных отливок они нужны очень редко! Рамки опок можно изготовить из твердого дерева, но литниковая воронка должна быть металлической. Деревянные

опоки не так хороши, как металлические, поскольку они могут покоробиться, а брызги расплавленного металла неизбежно повредят их, но для предпринимчивого литейщика, которому для начала нужен недорогой инструмент, такие самодельные опоки – вполне приемлемый выбор.

Важно, чтобы на опоке имелись чубки для удержания песка внутри формы. Предлагаемое поперечное сечение смотрите на увеличенном фрагменте рисунка. Литниковая воронка в этом случае сделана из короткого отрезка стальной трубы и закреплена с помощью шурупа.

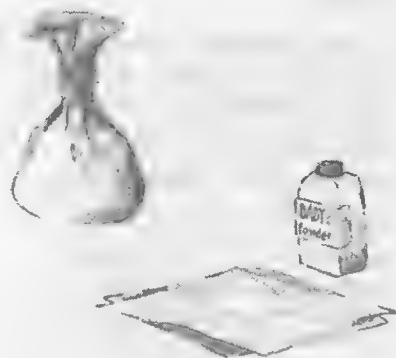


Припыл

Припылами называют порошки, используемые для предохранения песчаных полужформ от слипания. Для этого пригодны тальк, крахмал, порошок слюды и любая сухая разделительная смесь промышленного производства. Избегайте использования слишком большого количества припыла так как он загрязняет песок и сокращает срок его службы.

Для того чтобы сделать удобный аппликатор, вырежьте из редкой хлопчатобумажной ткани (например, из старой простыни) 3 или 4 квадрата. Постелите их друг на друга и насыпьте в центре горку порошка, затем поднимите углы и переверните. Этот узелок прослужит не один год, прежде чем понадобится снова его наполнить. Для

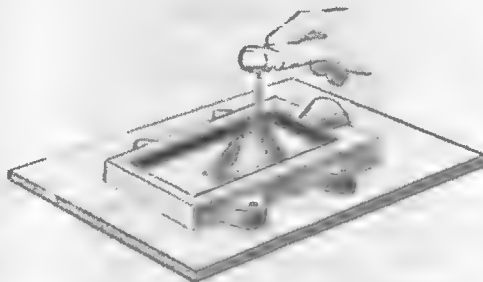
того чтобы насыпать тонкий слой порошка, постучите узелком по пальцу, расположенному близко к поверхности песка.



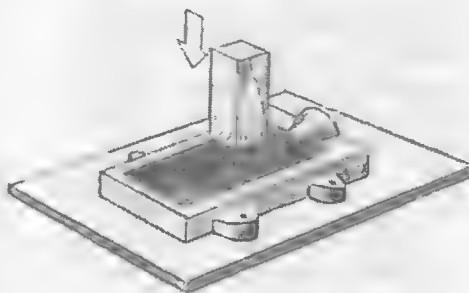
ОТЛИВКА ПО МОДЕЛИ С ПЛОСКОЙ ОБРАТНОЙ СТОРОНОЙ

1. Приготовьте песок оптимальной консистенции, такой, чтобы сжатый в ладони комок сохранял свою форму.

2. Застелите рабочий стол газетой. Это поможет собрать лишний песок и высыпать его обратно в ящик. Перевернув нижнюю опоку, уложите её на чистую плоскую поверхность, например, на лист стекла или плексигласа. Рабочая плоскость, которая будет прилегать ко второй половине формы, должна быть внизу.

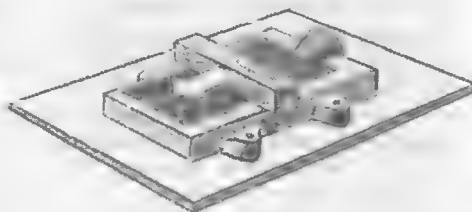


3. Насыпьте (просейте) в опоку песок примерно до половины и утрамбуйте его деревянной трамбовкой. Начинайте с легких ударов, но постепенно увеличивайте их силу до тех пор, пока песок не будет очень плотно утрамбован.



4. Подсыпьте ещё песка и снова утрамбуйте. Перед тем, как добавлять песок, взрыхлите утрамбованную поверхность, чтобы обеспечить хорошее сцепление слоев. Продолжайте набивать форму, слой за слоем, до тех пор, пока песок не будет слегка возвышаться над верхней кромкой опоки.

5. С помощью бруска из металла или твердого дерева срежьте излишки песка вровень с кромкой опоки.



6. Накройте рамку опоки сверху пластиной из пластмассы или дерева (подмоделным щитком) и поднимите сэндвич из двух подмоделных щитков с нижней половиной формы внутри. Переверните это сооружение таким образом, чтобы новый подмоделный щиток находился снизу, а старый щиток снимите; таким образом, плоская поверхность песка будет обращена вверх. Набитую форму уложите на чистую твердую поверхность.

ОТЛИВКА ПО МОДЕЛИ С ПЛОСКОЙ ОБОРОТНОЙ СТОРОНОЙ (продолжение)

7. Установите верхнюю опоку на нижнюю, совместив их при помощи центрирующих штырей, затем припудрите песок тонким слоем припыла.

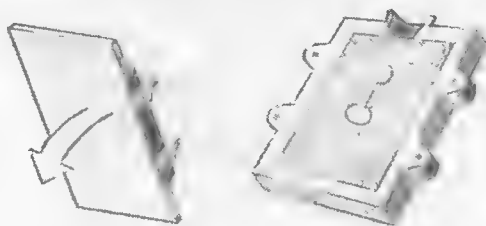
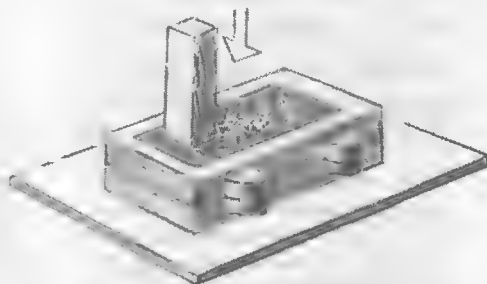
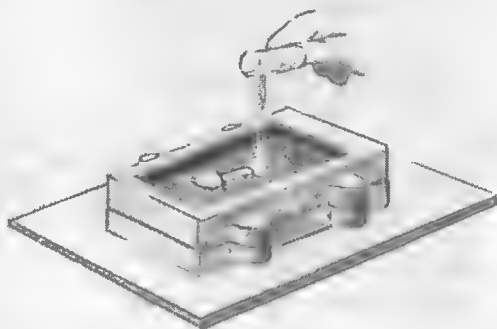
8. Уложите внутрь опоки модель, расположив её таким образом, чтобы самая массивная часть находилась в 2,5-5 см от воронки. Припудрите модель припылом.

9. Засыпьте (просейте) песок в верхнюю половину формы, так чтобы он покрыл модель, и утрамбуйте, как уже было описано. Работайте осторожно, особенно вначале, чтобы не сдвинуть модель; затем добавляйте ещё песка и утрамбуйте, с каждым разом надавливая немного сильнее. Продолжайте, пока песок не будет возвышаться над верхней кромкой опоки. Излишек снимите так же, как раньше.

10. Накройте форму сверху подмодельным щитком и переверните. Уложите набитую форму на стол, ещё раз убедившись, что она горизонтальна и находится в устойчивом положении.

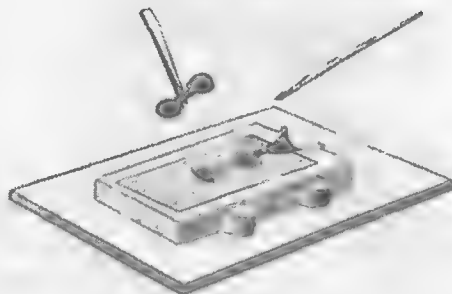
11. Осторожно поднимите нижнюю форму (сейчас она сверху). Набитый в опоку песок так и останется в ней благодаря разделяющему слою припыла между двумя полуформами.

12. Чтобы освободить модель, слегка постучите по ней, затем выньте её из песка пинцетом. Некоторые литейщики заранее просверливают в модели отверстие для легко входящего винта и используют его как рукоятку. Здесь будет полезным приобретенный в раннем детстве навык игры в бирюльки.



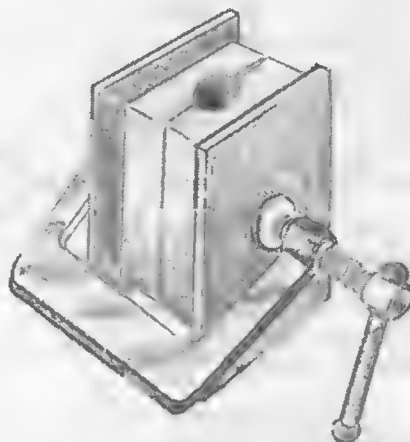
ОТЛИВКА ПО МОДЕЛИ С ПЛОСКОЙ ОБОРОТНОЙ СТОРОНОЙ (продолжение)

13. Ножом или деревянным инструментом вырежьте литниковый канал от модели к воронке. Комочки песка тщательно сметите кистью и сдуйте. Попавшие внутрь формы песчинки удобно сдувать с помощью небольшой резиновой груши.



14. Сложите половины формы вместе, не убирая подмодельные щитки. Слегка зажмите их в С-образной струбцине. Установите собранную форму литниковой воронкой вверх в поддоне с песком.

15. Расплавьте металл в печи или с помощью горелки и залейте его в форму. Спустя несколько минут форму «вытряхивают» или раскрывают. Песок потемнеет и высохнет, но в остальном останется неповрежденным. Его можно использовать на протяжении многих лет.



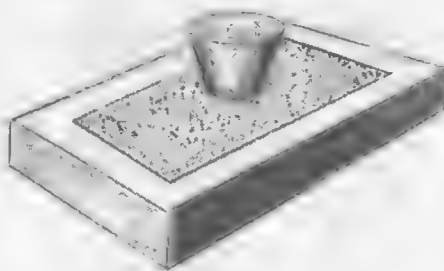
* Примечание. — Этот способ также пригоден для моделей с почти плоской оборотной стороной. На стадии 8 вдавите модель в песок до половины её толщины. Если общая толщина модели больше 6 мм, можно осторожно вынуть немного песка, прежде чем вдавливать модель.

КАК СДЕЛАТЬ ЛИТНИКОВЫЙ КАНАЛ

Когда форма плотно набита, а модель все ещё находится внутри, вставьте в литниковую воронку отрезок тонкостенной трубки, так чтобы он упирался в модель. Вынув трубку вместе с песчаной пробкой внутри неё, вы получите канал с чистыми стенками, через который можно будет заливать металл. Возможно, после удаления модели понадобится осторожно очистить место контакта литника и модели кистью от комочков песка, иначе они упадут в литейную полость.

Литник можно подвести также не сверху, а сбоку формы. Это должно зависеть от конфигурации модели в большей степени, чем от чего-либо ещё. Этот метод не рекомендуется для

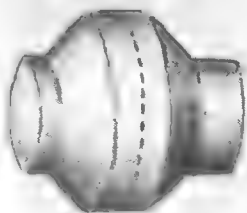
тонкостенных форм, так как под давлением расплавленного металла песок может вспучиться, что исказит форму изделия. Если другого выхода нет, воспользуйтесь подмодельной доской с отверстием.



Разъемные модели

Сложные изделия, не имеющие плоской или почти плоской поверхности, требуют несколько иного подхода. Этот способ широко распространен в промышленности, но не так привлекателен для ювелиров. Тем не менее, для некоторых изделий этот метод продолжает оставаться наиболее практичным, особенно когда нужно получить несколько десятков или более идентичных отливок. ИЗДЕЛИЕ НЕ ДОЛЖНО ИМЕТЬ ПОДНУТРЕНИЙ.

Модель должна быть изготовлена таким образом, чтобы её можно было разобрать по линии разъема на две части, не имеющей поднутрений. В зависимости от применяемого материала, размера работы и от имеющегося под рукой инструмента обе части модели можно изготовить по отдельности, либо сделать цельную модель, а затем разрезать её на две части. Эти части должны совмещаться при помощи как минимум двух шпилек. Обе части модели можно также прикрепить с двух сторон к подмодельной доске.



ПРОБЛЕМЫ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Проблема:

При попытке поднять форму она рассыпается.

При попытке раскрыть форму, чтобы вынуть модель, половинки формы слипаются.

Во всех других отношениях хорошая отливка имеет шероховатую поверхность.

При удалении модели песок всегда обваливается.

Способ устранения:

Добавьте в песок воду или масло. Не перестарайтесь. Небольшое количество влаги может очень сильно изменить консистенцию песка.

Возможно, песок слишком влажный. Дайте ему подсохнуть (вода) или просейте в него еще песка (масло).

Может быть, заливаемый металл был слишком горячим, или песок был настолько влажным, что при контакте с металлом образовался пар. Дайте песку слегка подсохнуть.

Осмотрите модель и убедитесь, что она не имеет поднутрений. Проверьте, имеют ли стороны модели спуск или уклон. Припудрите модель припылом. Если проблема не исчезает, тщательно зачистите модель и покройте её шеллаком или эмалью. Гладкая твердая водонепроницаемая поверхность не будет прилипать к песку.

ОТЛИВКА ПО РАЗЪЕМНОЙ МОДЕЛИ

1. Приготовьте песок как описано выше и подготовьте рабочее место, застелив его газетами. Так будет легче собрать излишки песка и высыпать его обратно в контейнер для хранения.

2. Уложите одну половину модели на пластину из дерева, пластмассы или стекла и установите нижнюю опоку так, чтобы модель оказалась внутри неё. Плоскость разъема модели должна лежать на стекле. Слегка припудрите модель припылом.

3. Насыпьте/просейте на модель песок, уплотняя его слой за слоем. Продолжайте до тех пор, пока песок не будет возвышаться над верхней кромкой опоки, затем снимите излишек и накройте опоку сверху подмодельным щитком! Переверните сэндвич с формой и положите его на стол, убедившись, что он горизонтален и находится в устойчивом положении.

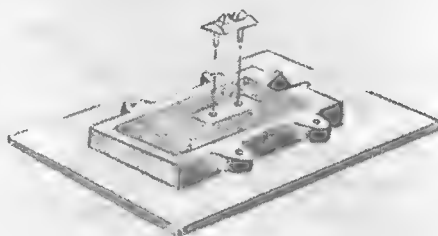
4. Установите верхнюю половину модели на нижнюю и скрепите обе половины при помощи шпилек.

5. Установите верхнюю опоку на место и покройте припылом модель и плоскую поверхность песка. Насыпьте/просейте на модель песок и утрамбуйте его, по-прежнему начиная с легких ударов и увеличивая их силу по мере уплотнения формы. Если необходимо сделать выпоры, проколите тонкой проволокой до самой модели.



ОТЛИВКА ПО РАЗЪЕМНОЙ МОДЕЛИ (продолжение)

6. Переверните форму, осторожно снимите нижнюю опоку (сейчас она сверху) и отложите её в сторону. Ножом или подобным ему инструментом вырежьте в песке канал (литник) от модели к литниковой воронке. Если отливка небольшая, можно прорезать его только в одной полуформе, но в случае массивной отливки, возможно, понадобится вырезать каналы в обеих полуформах.



7. С помощью пинцета или винта выньте из песка обе половины модели.

8. Снова сложите обе полуформы вместе, слегка зажмите их в С-образной струбцине и установите литниковой воронкой вверх.

9. Расплавьте предназначенный для отливки металл и залейте его в форму. Спустя примерно минуту форму можно раскрыть и вынуть отливку.

Сплавы цинка, висмута, кадмия, олова и свинца известны под общим названием «белые сплавы». Пожалуй, наиболее известный представитель этого семейства – пьютер, сплав, состоящий главным образом из олова с добавкой некоторых других ингредиентов. В прошлом в состав пьютера входил вредный для здоровья свинец, но современный пьютер свинца не содержит.

Пьютер и белые сплавы хорошо подходят для литья. Они легко плавятся, остаются в расплавленном состоянии относительно долгое время и хорошо заполняют литейную форму благодаря низкой величине поверхностного натяжения. Хотя все описанные выше технологии могут быть использованы для литья белых сплавов, здесь приводятся разновидности этих технологий, специально приспособленных для литья легкоплавких металлов.

Распространенные сплавы

Олово, %	Свинец, %	Мышьяк, %	Другие, %	T плавл., °C
92		8		240-244
93,5	3,5	1,5	1,5 кадмия	237-240
92	4	4		237-240
91		7	2 меди	293
94	4	2		274
98	6	6		240

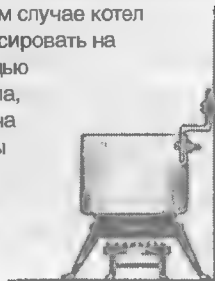
ПЛАВКА

Пьютер и белые металлы можно плавить на горячей плите, в муфеле или пламени горелки. Лучший сосуд для плавления – литейный ковш из чугуна, который можно приобрести в организациях, поставляющих спесарно-водопроводное оборудование. В крайнем случае, можно воспользоваться чугунной сковородой, стальным ковшом или даже консервной банкой. Существенный недостаток этих случайных приспособлений в том, что они неустойчивы. Пьютер тяжел и может легко вылиться из импровизированного тигля. Будьте особенно осторожны, если придется пользоваться такой посудой. В процессе плавления металла на его поверхности образуется темно-серая оксидная пленка, или шлак; перед заливкой металла эту пленку следует удалить. Шлак можно собрать и отправить на очистку, однако это не стоит усилий, если речь не идет о большом количестве. После того как из ковша вылит весь чистый металл, вытряхните напоминающий золу шлак на кирпич или досочку и, когда он остынет, выбросите. Попаевшие в воздух частицы шлака могут быть опасны для здоровья, поэтому работайте в респираторе.

Плавильные котлы

Для поддержания большого количества пьютера в расплавленном состоянии в течение нескольких часов используют плавильный котел. При этом на поверхности расплава допускается образование шлака; если надо зачерпнуть пьютер для отливки, шлак просто сдвигают ковшом в сторону. Плавильные котлы можно приобрести в некоторых организациях, поставляющих оборудование для работы по металлу либо изготовить самостоятельно из

толстостенного сосуда и газовой горелки. В этом случае котел следует зафиксировать на месте с помощью полосы металла, как показано на рисунке, чтобы он не мог опрокинуться.



ЛИТЕЙНЫЙ КОВШ

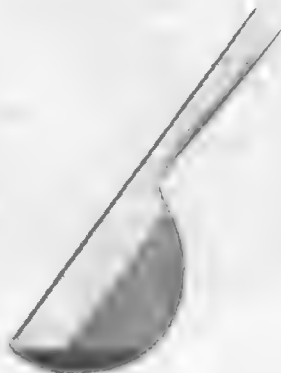
Существуют чугунные литейные ковши с остроумным приспособлением, которое упрощает снятие шлака с поверхности расплава. Это стальная или чугунная перегородка, которая разделяет чашу ковша на два отсека, причем между нижним краем перегородки и дном ковша остается просвет. Один отсек используют для плавки металла, так что пламя направляют только в это отделение. Расплавленный металл перетекает под перегородкой в другой отсек, где остается чистым и готовым к заливке.

Приобрести такой ковш непросто, поэтому вы, возможно, захотите сделать его своими руками. Можно усовершенствовать стандартный чугунный ковш, вырезав перегородку из листовой стали. Так как чугун плохо поддается сварке, такая перегородка удерживается на месте с помощью полосок металла.



ПЕРЕПЛАВКА

Если в котле застыло большое количество пьютера или белого сплава, при переплавке следует проявить особую осторожность. Если давление расплава, запертого под коркой твердого металла, не находит выхода, может произойти и выброс. Чтобы избежать этого, нагревайте металл сверху, например, с помощью горелки. Если вы плавите металл на плитке или на газовой конфорке, наклоните сосуд таким образом, чтобы плавление происходило сбоку.



Загрязнение цветных металлов белыми сплавами.

Нагретые выше температуры плавления в присутствии других цветных металлов белые сплавы будут производить разрушительное действие. Белые сплавы подобно коррозии пожирают серебро, латунь, бронзу, медь или золото. Их действие тем более коварно, поскольку продолжает прогрессировать каждый раз, когда металл подвергается нагреванию. Как только белый сплав вступил в контакт с ювелирным сплавом, его становится практически невозможно удалить и, как правило, приходится вырезать весь загрязненный участок. В тех случаях, когда это невозможно, все изделие целиком должно быть отправлено в отходы. Специалисты по очистке драгоценных металлов могут восстановить благородный металл, но, разумеется, эту услугу придется оплатить.

Гораздо лучше с самого начала не допускать появления загрязнений.

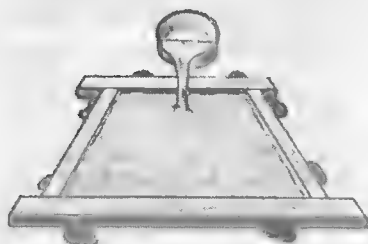
Если вы вынуждены использовать одно и то же рабочее место для пьютера и других металлов, установите жесткий распорядок обязательной уборки между работой с разными металлами. Держите все оборудование для работы с пьютером в отдельном поддоне или потке. Таким образом, когда вы им не пользуетесь, весь пьютер, его брызги и любые другие частицы будут убраны. Но даже тогда, прежде чем приступать к работе с драгоценными металлами, поверхность стола необходимо обмести и убрать щеткой все опилки.

Особенно опасно загрязнение рабочего места, где производится пайка. Лучше всего устроить отдельные места для нагревания пьютера и драгоценных металлов. Если это неосуществимо, разработайте простую и надежную систему для предотвращения загрязнений.

ГИПСОВЫЕ ФОРМЫ

Пьютер и белые металлы можно отливать в формы, сделанные из гипса, который можно купить в магазинах хозяйственных товаров или строительных материалов. Годится и формовочная смесь, но она стоит намного дороже и содержит компоненты, которые при отливке пьютера не нужны.

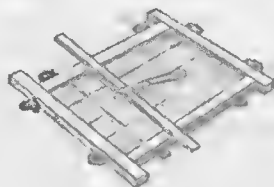
Блоки для форм можно изготовить, налив слой гипса на гладкую поверхность, например на плексиглас или мазонит. Опалубку сделайте из небольших дощечек, закрепленных в нужном положении кусочками глины, как на рисунке.



Смешайте гипс с эластичным контейнере (гипсовке) с объемом воды, приблизительно равным желаемому количеству раствора. Вода должна быть комнатной температуры или чуть теплее, но не горячая. Постепенно подсыпайте гипс в воду до тех пор, пока в гипсовке не образуется сухой островок. Затем, не торопясь, перемешайте гипс рукой. Избегайте быстрых и чересчур энергичных движений; лучше массировать смесь, чем сбивать её в пену.

Постучите по стенке гипсовки дощечкой или отверткой, чтобы выгнать на поверхность пузырьки воздуха. Залейте раствор в опалубку слоем толщиной 1,3-2,5 см и разгладьте его поверхность рукой.

Оставьте гипс затвердевать по крайней мере в течение часа. При затвердевании гипса происходит экзотермическая реакция и выделяется тепло. Если пластину нужно разделить на несколько блоков для отливки, сделайте на ней надрезы ножом или острием отвертки. После этого пластину можно оставить затвердевать дальше или сразу же разломать.

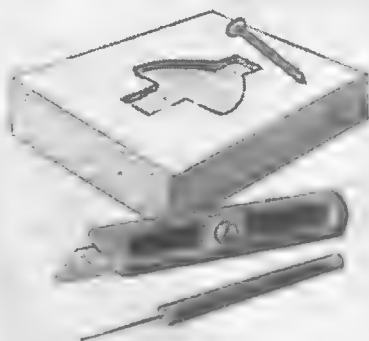


Чтобы переломить гипсовую пластину, сдвиньте её с плоской поверхности таким образом, чтобы линия надреза находилась непосредственно над краем стола. При этом нажмем вниз пластина переломится вдоль края. Это очень эффективный и удобный способ, если вы делаете много блоков одновременно.



Прежде чем формы можно будет использовать для литья, гипс должен полностью просохнуть. Поэтому идеальным решением будет сделать черновую резку рвльефа в течение 24 часов после отливки пластины и закончить работу над формой через несколько дней. Не практике ход работы будет зависеть от индивидуальных методов и от того, каким временем вы располагаете.

Как вырезать гипсовую форму



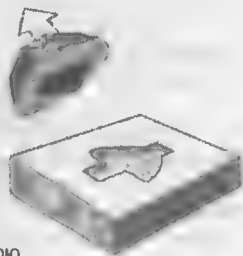
Гипсовые формы можно резать любым твердым инструментом: для этого будут вполне пригодны гвозди, отвертки, сверла, ножи и зубоорудные инструменты. Помните, что из-за низкой величины pH и высокого содержания влаги в гипсе инструменты быстро заржавеют, если их не вымыть и не высушить сразу же после использования. Эту проблему легче обойти, работая инструментом, который не жаль выбросить.

Рисунок изделия можно сделать карандашом непосредственно на гипсе. Можно также перевести эскиз с помощью копировальной бумаги, или покрыть его с обратной стороны толстым слоем графита, а затем положить на блок и обвести. Будьте особенно внимательны к буквам и цифрам, помните, что для того, чтобы они правильно читались, их необходимо вырезать в зеркальном отражении, справа налево.

Глубина выемки будет соответствовать толщине изделия. Пьютер не так прочен, как стерлинговое серебро, латунь или медь, поэтому тем, кто привык работать с ювелирными металлами, следует сознательно попытаться резать глубже. Разумеется, решающий фактор при определении размеров изделия — прочность, которая потребуется при его использовании.

По мере продвижения работы вы можете проверить, как будет выгля-

деть изделие, сделав быструю пробу с помощью глины. Сдуйте или сметите осколки гипса и вдавите в углубление комок глины (сгодится как глина, так и пластилин). Если вы позаимствовали глину у гончара, вам следует знать, что даже незначительные следы гипса могут стать причиной серьезных проблем при обжиге, так что гончар, скорее всего, не возьмет свою глину обратно.



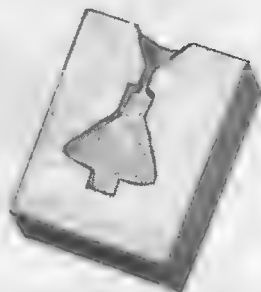
Если на изделии нет поднутрений, вы можете делать отливки из пьютера методом проб. Так как температура плавления металла невысока, форма не изнашивается при многократном использовании. Это означает, что можно вырезать углубление и сделать отливку, имея в виду возможность дальнейшей работы над формой. Помните, что углубление выемки означает возрастание толщины изделия. Если предварительная проба показывает, что вы заглубились слишком сильно (т.е., что отливка будет слишком толстой), отшлифуйте рабочую поверхность блока и таким образом уменьшите глубину

выемки.

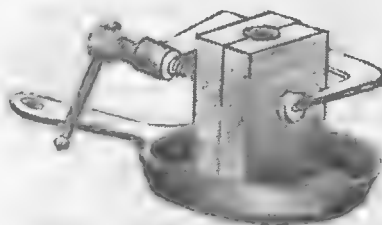
Литье под действием силы тяжести

Это описание относится к изделиям с плоской оборотной стороной.

Для того, чтобы в форму можно было залить металл, сначала вы должны вырезать литник, ведущий в полость формы. Литник следует подвести к наиболее массивной части отливки; по мере приближения к внешнему краю блока он должен расширяться подобно воронке. Его можно вырезать ножом или любым подобным твердым инструментом.



1. Накройте форму плоским блоком для оборотной стороны изделия и зажмите обе части в С-образной струбцине или свяжите их проволокой. Установите собранную форму в поддон с песком или гравием или в чугунную сковороду – это обеспечит устойчивость формы и поможет собрать весь пролитый пьютер. Если расположить плоский блок чуть выше формы, получится выступ, который поможет направить струю расплавленного металла в литник.

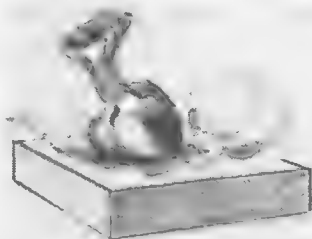


2. Расплавьте пьютер и лейте его в форму гладкой непрерывной струей, пока он не заполнит литниковую воронку. Прежде чем форма будет раскрыта, пьютер должен остыть. В зависимости от величины изделия это займет от 1 до 5 минут. По мере остывания цоколя его поверхность из блестящей будет становиться матовой, и поскольку это обычно самая массивная часть отливки, вы можете предположить, что, если цоколь затвердел, то вся отливка так же твердая. Раскройте форму и выньте отливку пинцетом – возможно, она слишком горячая, чтобы прикасаться к ней руками.

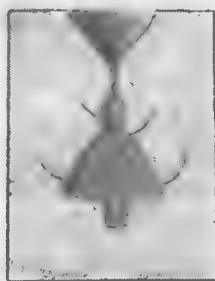
Литье под действием силы тяжести (продолжение)

Если имеются недоливы или утрачены подробности рельефа, возможно, это произошло потому, что не имеющий выхода воздух внутри формы препятствовал заполнению литейной полости расплавленным металлом. Эту проблему можно решить несколькими способами.

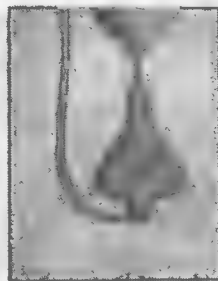
а) Особенно в том случае, когда отливка тонкая, прежде чем соединить полуформы вместе, припудрите их тонким слоем легкого порошка (талком, крахмалом или бурой). Благодаря этому между полуформами образуется микроскопический зазор, через который из формы будет выходить воздух.



б) Процарапайте тонкие линии по направлению от литейной полости к краям формы, как на рисунке. Как правило, они слишком узкие, чтобы в них затек металл, но в них достаточно пространства для воздуха.



в) Вырежьте похожий на литник канал, который называется выпором. В этом случае металл будет заполнять форму, и подниматься по выпору. Этот способ особенно хорош при получении крупных отливок, и его дополнительное преимущество в том, что он обеспечивает подпитку отливки жидким металлом в процессе усадки и кристаллизации, происходящих при охлаждении.



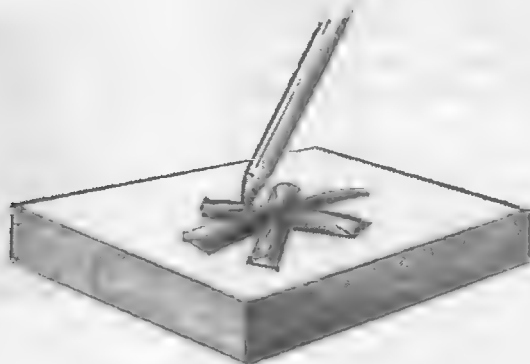
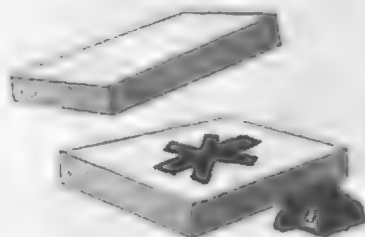
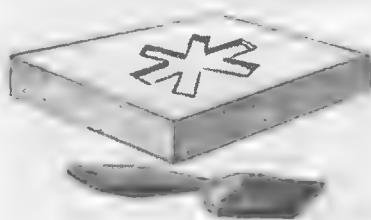
Литейные формы для объемных изделий

Приведенная на предыдущих страницах информация касается изделий с плоской оборотной стороной, таких как купон или закладка. Приложив немного усилий, можно также отливать изделия с двухсторонним рельефом. Форму можно вырезать или отлить из гипса.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОРМЫ С ПОМОЩЬЮ РЕЗЬБЫ

Вырежьте полуформу для «передней» половины изделия как было описано выше. Закончив работу над углублением, с помощью кисти покройте его изнутри чистой раздвляющей смесью из равных частей моющего средства и воды. Плотнo вдавите в вырезанное углубление комок глины, затем лишнюю глину срежьте ножом или тонкой проволокой чуть выше плоской поверхности формы. Прижмите сверху вторую половину формы и сделайте несколько засечек по линии разъема. Осторожно раскройте форму, так, чтобы глина осталась прилипшей к той половине, на которой углубление ещё не вырезано.

Обведите глиняный оттиск карандашом, затем удалите его. Теперь вы можете вырезать вторую половину формы, и, если вы не выйдете за карандашную линию, обе половинки изделия совместятся. Заливка металла и отвод газов производятся как описано выше.



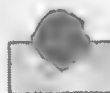
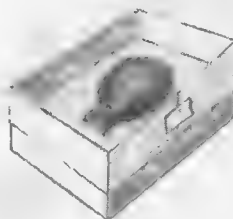
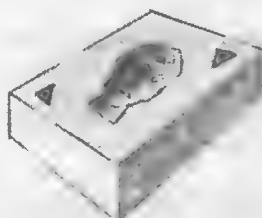
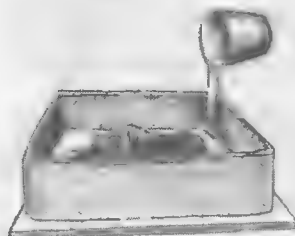
Отливка гипсовой формы для объемного изделия

Сначала вылепите из глины «переднюю» половину изделия. Представьте себе разделительную линию, лежащую на плоскости разреза формы, и начинайте лепить из неё. Для надежности закрепите глину на плоской поверхности.

Закончив лепку, переложите глину на лист стекла или пластмассы и сделайте вокруг неё опалубку из деревянных досочек. Приготовьте раствор гипса, залейте им глину и оставьте затвердевать не менее, чем на несколько часов; затем сдвиньте гипсовый блок со стекла. Вырежьте в блоке два углубления для направляющих выступов второй полуформы.

Обильно покройте литейную полость, направляющие углубления и рабочую поверхность гипса раствором из равных частей моющего средства и воды, затем вдавите в литейную полость комок глины и вылепите вторую часть изделия, как показано на рисунке. Оберните первую полуформу листом плотной бумаги или пластика (годятся пластиковые бутылки) и приклейте его липкой лентой. Убедитесь в надежности соединения, так как вам придется изрядно похлопотать, если обертка отвалится. Приготовьте в гипсовке раствор гипса и залейте его поверх первой полуформы. Когда гипс затвердеет, раскройте форму, уберите глину и смойте все остатки с помощью мягкой щетки под струей воды.

Вырежьте необходимые литники и выпоры и сделайте отливку, как уже было описано. К тому же помните, что перед заливкой металла гипс должен полностью просохнуть.



Инкрустация

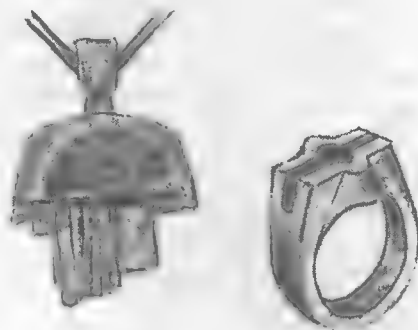
Чтобы получить инкрустацию, внутрь формы можно поместить кусочки дерева, стекла, других металлов и некоторые камни.

1. Если вы хотите скомбинировать литой пьютер с другим металлом (латунью, медью, стерлинговым серебром и т. д.), покройте поверхность этого металла тонким слоем флюса, чтобы обеспечить спайку при заливке горячего пьютера. Используйте не коррозионный (защитный) флюс для легкоплавкого припоя. Такие флюсы обычно липкие и похожи на вазелин.

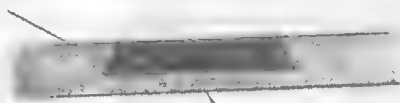
2. Там, где это, возможно, обеспечьте механическое соединение, сделав фаску на детали, которая будет служить инкрустацией. Наклон фаски следует располагать таким образом, чтобы та сторона детали, которая будет погружена в пьютер, была шире, чем поверхность, которая будет видна на готовом изделии.

3. Шероховатые поверхности соединяются лучше, чем гладкие. Поцарапайте или загрубите напильником ту поверхность, которая будет контактировать с пьютером.

4. Мягкие детали можно вклеить в питейную форму поливинилацетатным или подобным ему бытовым клеем.



этот выступ удерживает
инкрустацию на месте

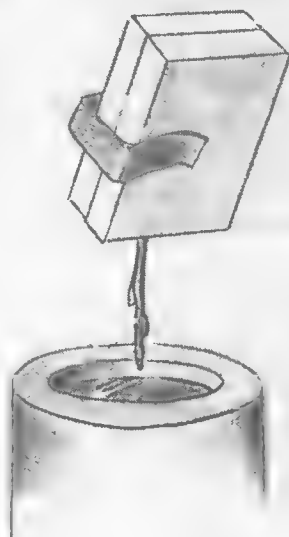
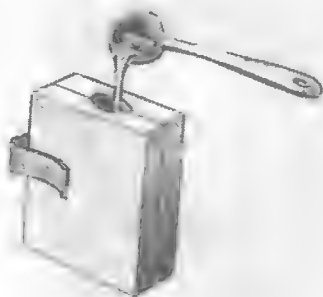


эта деталь не должна
быть слишком тонкой

Метод литья с пристеночным отверждением

Эта техника получения пустотелых отливок основана на прерывании процесса затвердевания массивной сплошной отливки. Сначала изготовьте литейную форму любым описанным в этой главе способом, затем плотно соедините обе половины формы и доверху залейте литейную полость расплавленным пьютером. Дайте металлу остыть в течение нескольких секунд, затем переверните форму и вылейте изнутри отливки кашеобразный металл.

Хитрость заключается в том, чтобы точно определить момент, когда надо выливать металл. Если вылить его слишком рано, в стенках отливки появятся истонченные участки или отверстия. Если вы будете ждать слишком долго, внутренняя область отливки затвердеет. Для постоянного получения хороших результатов потребуется сделать несколько проб и «прочувствовать» процесс, но эти результаты могут стоить потраченного времени.



ЛИТЕЙНЫЕ ФОРМЫ ИЗ БРОНЗЫ И ЧУГУНА (КОКИЛИ)

В промышленных условиях пьютер часто отливают в литейных формах из бронзы или чугуна. В последние годы эта практика пришла в упадок по причине широкого распространения форм из силиконовой резины, изготовление которых обходится дешевле. Эти формы и их использование подробно описаны в следующей главе.

Мастер, стремящийся расширить свои профессиональные горизонты, может изготавливать небольшие металлические формы в обычной мастерской. В том случае, если нужны формы больших размеров, следует сделать деревянную модель и переадресовать отливку в промышленную литейную мастерскую. Цена будет зависеть от металла (сталь дешевле, чем бронза) и от сложности формы. За составлением сметы обратитесь в местную литейную мастерскую.

Для получения отливки полуформы нагревают на горячей плите или в газовом пламени примерно до 180°C . Они слишком горячи, чтобы держать их в руках, поэтому следует работать в толстых перчатках. Части формы прикладывают друг к другу и соединяют с помощью встроенных центрирующих штырей. Затем собранную форму зажимают струбциной и заливают в литниковую воронку расплавленный пьютер. После того, как металлу дали остыть, от 30 секунд до минуты, половинки формы раскрывают и вынимают отливку. Поскольку в процессе литья форма разогревается, перед следующей заливкой её нужно вернуть в пламя лишь на несколько секунд.

ЭЛАСТИЧНЫЕ РЕЗИНОВЫЕ ФОРМЫ

Введение

Резиновая форма многократного применения является одним из наиболее важных усовершенствований литейного процесса в текущем столетии. Формы, изготовленные из резины, точно воспроизводят конфигурацию и детали изделия и позволяют получить его идеальную копию. Более того, поскольку резина может растягиваться и затем возвращаться в исходное состояние, в резиновых формах можно делать оттиски изделий с поднутрениями. Благодаря этим формам за последние десятилетия в несколько раз снизились затраты на производство изделий, ранее требовавших изготовления сложных составных форм.

В продажу поступает много разновидностей материалов для изготовления резиновых форм, каждый со своими достоинствами и недостатками. Проще говоря, обычно приходится выбирать между низкой ценой и долговечностью. Другие факторы, влияющие на выбор материала для формы – температура заливаемого в форму металла и требования к гибкости формы.

Формы из резины на силиконовой основе могут выдерживать температуры около 300 °C и могут быть использованы для непосредственной заливки пьютера и белых металлов. При отливке множества изделий из латуни, стерлингового серебра или золота для каждого изделия должна быть изготовлена литейная форма из формовочной смеси. Такие формы по определению являются одноразовыми, так как разрушаются при извлечении отливки. При отливке этих металлов резиновые формы используют для изготовления восковых моделей, которые затем формируют, выжигают и отпиливают обычным способом.

ЖИДКИЕ ДВУХКОМПОНЕНТНЫЕ РЕЗИНЫ ХОЛОДНОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ

Одна из простейших разновидностей резиновых форм изготавливается из полисульфидной резины, поступающей в продажу в виде двух жидких компонентов. При их смешивании начинается реакция отверждения, в результате которой получается эластичная «вулканизированная» резина. Жидкие двухкомпонентные резины холодного отверждения имеются в продаже практически у всех поставщиков литейного оборудования.

ПРЕИМУЩЕСТВА

- не требуется специальное оборудование
- не требуется ни давление, ни нагревание, поэтому можно использовать почти любые модели
- минимальная усадка

НЕДОСТАТКИ

- относительно высокая цена
- эти формы служат не так долго, как формы из резины горячей вулканизации. Формы из резины холодного отверждения не так прочны и менее эластичны, чем формы из вулканизированной резины.

Изготовление формы из двухкомпонентной резины холодного отверждения

1. Изготовьте модель так тщательно, как это только возможно.

2. Подведите к модели литники, руководствуясь теми же соображениями, что и при обычном литье с использованием формовочной смеси (см. главу 2).

3. Нанесите на модель и литники разделяющую смесь, например, силиконовый спрей, не пригорающее масло, смачивающий препарат или крахмал.

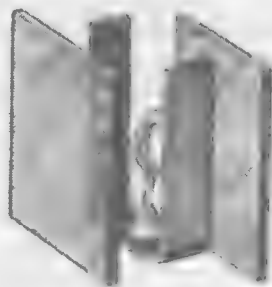
4. Установите модель в контейнер для изготовления формы. Это может быть прямоугольная форма из трех деталей, как на рисунке, или что-нибудь настолько простое, как бумажный стаканчик.

5. Смешайте оба компонента смеси в одноразовой посуде одноразовым инструментом. Чтобы обеспечить успешный результат, точно отмеряйте пропорции, если возможно, взвешивая ингредиенты. Очень важно, чтобы оба компонента были тщательно перемешаны. Пользуйтесь шпателем (медицинским или палочкой от мороженого), и перемешивайте в течение нескольких минут, в противном случае внутри формы будут не затвердевшие липкие участки.

6. На этой стадии некоторые мастера удаляют пузырьки вакуумированием, но, пожалуй, сильное постукивание по контейнеру будет не менее эффективным. Всплывшие на поверхность пузырьки проколите иголкой.

7. Залейте модель приготовленной смесью, стараясь избежать образования новых пузырьков. Если поверхность модели сильно изогнута, возможно, сначала вы захотите нанести на модель слой смеси кистью или шпателем.

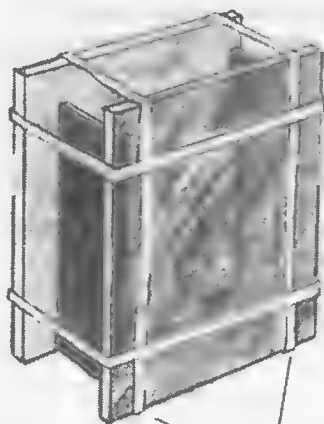
8. Прежде чем раскрывать форму, дайте ей затвердеть. Время отверждения зависит от типа резины и может варьироваться от 16 до 24 часов.



плексиглас



тщательно перемешайте



резиновые кольца

КАК РАЗРЕЗАТЬ РЕЗИНОВУЮ ФОРМУ

Чтобы вынуть из формы мастер-модель и обеспечить возможность удаления последующих восковых моделей, форму необходимо разрезать. В случае простых плоских изделий это не представляет никаких затруднений. С усложнением изделия возрастают и трудности при разрезании формы. Иногда в продаже бывает прозрачный состав для изготовления форм, который особенно хорош для начинающих, поскольку позволяет видеть заключенный внутри резины предмет.



Чтобы раздвигать края формы во время резки, воспользуйтесь каким-нибудь крюком, например ключом для консервных банок или вилкой с изогнутыми зубцами. Такую «третью руку» можно закрепить на верстаке с помощью струбцины или зажать в тисках. Разрезайте форму тонким острым ножом. Лучше всего для этого подходит изогнутый хирургический скальпель, но сойдет и любое подобное лезвие. Важно, только чтобы оно было очень острым, поэтому позаботьтесь о том, чтобы заменить лезвие после разрезания одной, двух форм.

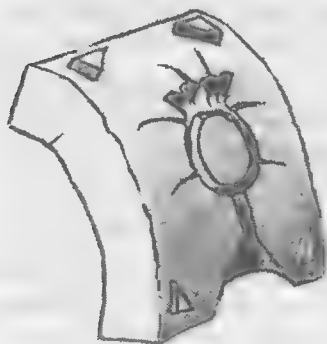
Начните от литниковой воронки, сделав вдоль нижней грани формы до самого угла разрез глубиной около 2,5 см, затем, повторите его с другой стороны. Сделайте такие же разрезы по бокам формы, затем соедините их разрезом вдоль верхней грани. Разрежьте форму снизу на глубину литника и отсюда режьте вдоль поверхности модели. Продолжайте следовать по контуру модели, пока форма не будет разрезана пополам.

Замки



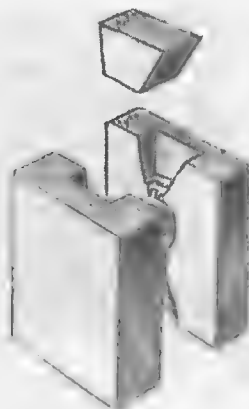
Для того, чтобы вновь совместить детали формы, в них вырезают направляющие выступы, которые называются замками. При ручной резке, особенно у новичков, разрезы обычно достаточно неровные для того, чтобы их неправильные контуры обеспечили точное совмещение обеих половин формы. С опытом разрезы становятся более гладкими, и тогда замки следует вырезать намеренно. Неплохой замок получится, если первые надрезы будут зигзагообразные. Вы также можете оставить одну из сторон формы неразрезанной, и тогда она будет раскрываться как на шарнире. Для простых форм этот способ может оказаться приемлемым, однако он ограничивает гибкость формы и не годится для сложных моделей.

Дополнительные надрезы



Такие надрезы увеличивают гибкость резины; их особенно полезно сделать вокруг тонких участков изделия с мелкой детализацией. Обратите внимание, что резину при этом не удаляют.

Дополнительное членение форм



В некоторых случаях бывает недостаточно разрезать форму на две части, и приходится вырезать третью часть (а иногда и больше). Это могут быть центральные участки, как, например, отверстие копыца, или блок, вырезанный сверху, как на рисунке.

ЭЛАСТИЧНЫЕ ФОРМЫ ИЗ ПОДРУЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Существует множество продуктов на силиконовой основе, пригодных для изготовления гибких форм. Самый дешевый и доступный — герметик для ванн, который продается практически в любом магазине хозяйственных или сантехнических товаров. Массивную форму из него не изготовить, но с его помощью очень удобно снимать оттиски с различных поверхностей. Оттиски с различных поверхностей. Перед тем, как делать оттиск, покройте выбранный в качестве модели объект концентрированным раствором моющего средства и после нанесения герметика дайте ему затвердеть минимум 24 часа на каждые 6-7 мм толщины.

Подобным же образом используют промышленный препарат Duplicate, который гораздо лучше воспроизводит

детали. Эта двухкомпонентная смесь затвердевает за 5 минут, поэтому с ее помощью можно делать оттиски вне мастерской. Её можно заказать по адресу:

Duplicast Corp.
P.O.Box 1188
Ione, CA 95640
(209) 274-2788



Альгинат

Это зубоорачебный материал, используемый для снятия оттисков внутри полости рта, который делают из студенистых морских водорослей. Его можно приобрести в зубопротезных лабораториях и у некоторых поставщиков литейного оборудования. Он представляет собой легкий порошок, который смешивают с водой; затем полученную пасту быстро прижимают к модели, где она затвердевает всего за несколько минут. Получаемые с его помощью отливки очень точны, но сам материал хрупкий и при изгибании ломается. Альгинат становится очень ломким в течение 24 часов, если его не хранить в закрытом пластиковом пакете, но даже в этом случае через несколько дней форма придет в негодность.

Если вы используете этот материал для снятия оттиска с объекта с плоской оборотной стороной, приклейте модель кусочком липкого воска к листу стекла, либо в центр блюда или пластиковой тарелки.

Залейте или намажьте альгинатом модель и оставьте до затвердевания. Удалив модель, заполните углубление формы воском с помощью кисти — возможно, вы обнаружите, что потребуется небольшое количество разделяющего реагента, чтобы воск легче отставал. В зависимости от сложности модели, прежде чем такие формы изнасятся, с них можно получить от 5 до 50 оттисков.



Формы из резины горячей вулканизации

Я думаю, любой литейщик согласится, что лучший выбор для воспроизведения восковых моделей — форма из настоящей вулканизированной резины. Прежде чем приступить к описанию изготовления таких форм, следует заметить, что существует много предприятий, занимающихся литьем, где для вас могут сделать форму.

Все, что вы должны сделать — это предоставить модель, из воска или из металла. Так как воск не выдерживает необходимых для вулканизации высоких температур, по восковой модели сделают металлическую отливку (за дополнительную плату), а уже после этого по отливке изготовят резиновую форму. Стоимость работы будет зависеть от сложности и размеров

изделия — обычная форма для кольца может стоить около 20\$, тогда как стоимость формы для пряжки ремня может составить от 50\$ до 75\$.

Если вы потребуете, вам возвратят мастер-модель, но большинство предприятий сохранит у себя снятую с неё форму, чтобы быстро выполнить ваш заказ, если вам понадобится дополнительное количество отливок.

ОБОРУДОВАНИЕ

Вулканизационный пресс

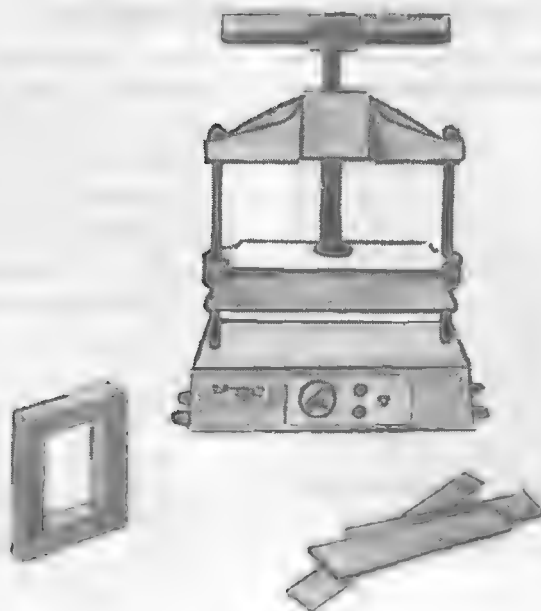
Это аппарат, в котором, с помощью электрообогреваемых плит и винтового пресса происходит превращение тестообразной сырой резины в упругий материал. Аппараты бывают нескольких размеров, с простой или сложной системой управления. Цены колеблются от \$450 до \$700.

Опока

Это массивный прямоугольник из алюминия; в продаже бывают разные размеры. Пресс-форма должна быть таких размеров, чтобы слой резины по окружности модели был не менее 1,5 см, а по направлению в глубину опоки – не менее 1 см. Опоки также можно сделать самостоятельно, соединив массивные бруски с помощью болтов или аргоновой сварки.

Резина

Это сырая не вулканизированная резина, которая производится в листах толщиной 1/8 дюйма и поступает в продажу в виде полос различных размеров и в рулонах шириной 18 дюймов. Чтобы поверхность резиновых заготовок оставалась чистой, её защищают полимерной оболочкой. Снимайте оболочку только перед заполнением опоки.



ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРЕСС-ФОРМ ИЗ РЕЗИНЫ ГОРЯЧЕЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ

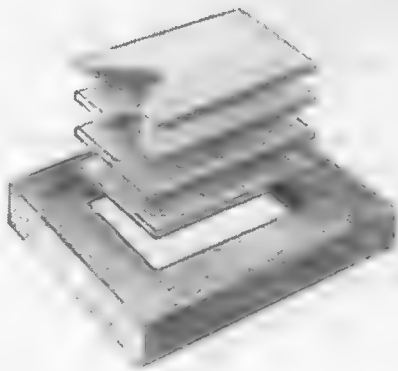
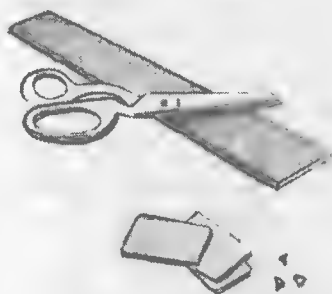
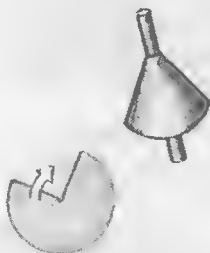
1. Изготовьте эталонную модель так тщательно, как это только возможно. Помните, что пресс-форма будет воспроизводить мельчайшие подробности (включая царапины и изъяны).

2. Тугоплавким или легкоплавким припоем припаяйте к модели металлический питник. Типичный литник — бронзовый стержень диаметром около 3мм, но возможны многие другие варианты. В качестве руководства используйте главу 2.

3. Если на литнике нет встроенного конуса для литниковой воронки (такие литники бывают в продаже), сделайте воронку из листа металла и насадите её на литник.

4. Нарежьте ножницами заготовки не вулканизированной («сырой») резины, плотно входящие в опоку. Подготовьте достаточное количество слоев для того, чтобы опока была заполнена доверху. Так, например, для опоки глубиной в 1 дюйм потребуется 8 кусков резины толщиной 1/8 дюйма. В продаже бывает резина, предварительно нарезанная на заготовки нужных размеров; в этом случае никакой резки не потребуется.

5. Уложите в опоку половину листов; в верхнем листе этой стопы сделайте треугольный вырез для литниковой воронки. Положите на резину четыре направляющих метки (очень удобны гайки), затем пригудрите резину и метки тальком или крахмалом и уложите на место модель.



ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРЕСС-ФОРМЫ ИЗ РЕЗИНЫ ГОРЯЧЕЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ (продолжение)

6. Продолжайте накладывать слои резины; в первом листе снова сделайте треугольный вырез.

Проверяйте чистоту каждого слоя.

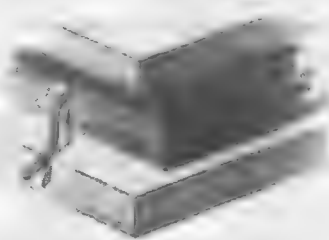
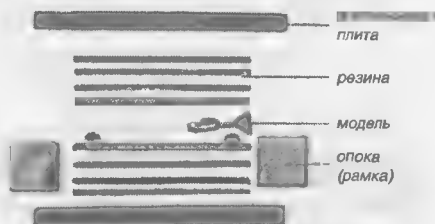
7. Вложите в опоку между двух алюминиевых плит (около 1,5 см толщиной), поместите, в заранее нагретый вулканизационный пресс и слегка прижмите плиты.

8. Спустя 15 минут поверните рукоятку пресса, чтобы увеличить давление на плиты и опоку.

9. Спустя ещё 6 минут затяните винт до предела.

10. Вулканизация происходит в интервале температур от 150° до 165° С; обычно на каждые ¼ дюйма резины требуется около 15 минут. Проверьте полноту вулканизации, потянув за жгутик лишней резины, который выдавится из формы через отверстие в опоке. Если жгутик упругий как резиновый бинт, значит, вулканизация закончена. Если он ломкий, вулканизацию пресс-формы следует продолжить.

11. Когда пресс-форма будет готова, выньте её из-под пресса и положите охлаждаться в холодную воду. Форму можно разрезать сразу же.



Необычная укладка резины

При изготовлении изделий необычной конфигурации могут потребоваться необычные способы укладки резины вокруг модели. Когда возникнет такая ситуация, здравый смысл и опыт подскажут вам решение.

Изготовление пресс-формы на кухне

Вполне приемлемые пресс-формы могут быть изготовлены в кухонной духовке, поскольку требуемая температура лишь чуть выше 150°С. Давление обеспечьте с помощью С-образной струбцины, затягивая её в приведенной выше последовательности. Чтобы не испачкать духовку, воспользуйтесь выстланным фольгой поддоном.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ РЕЗИНОВОЙ ФОРМЫ ДЛЯ КРУПНОЙ ОТЛИВКИ

Большинство моделей может быть воспроизведено в форме, состоящей из двух частей, и здесь приведен именно такой пример. Опытные литейщики смогут самостоятельно найти решение для сложных изделий, когда потребуются формы, состоящие из многих частей.

При изготовлении крупных бронзовых отливок обычно используют либо закрытые формы, либо кусковые формы, состоящие из раковин. При закрытой формовке сначала делают гипсовый кожух. Затем в пространство между моделью и кожухом заливают жидкую двухкомпонентную резину, чтобы заполнить поднутрения. При изготовлении кусковой формы, как подробно объясняется ниже, на модель наносят резиновую оболочку, которую затем укрепляют гипсовым кожухом.

ХОД РАБОТЫ

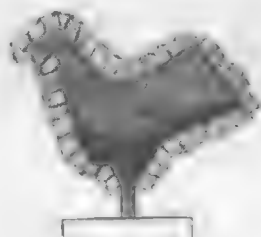
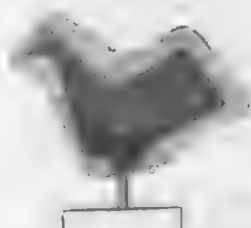
Определите, где будет проходить линия разъема, по которой будут состыковываться раковины формы, расположив её таким образом, чтобы насколько возможно избежать поднутрений. Раскатайте полоску из мягкой глины и уложите её вдоль этой линии так, чтобы образовалась стенка.

Тщательно прикрепите эту стенку к модели с помощью легких прикосновений и маленьких кусочков глины. Стенка повсюду должна располагаться под прямым углом к поверхности; следите, чтобы она не заваливалась.

Чтобы получить направляющий выступ для совмещения раковин формы, с помощью проволоочной петли или инструмента для работы с глиной вырежьте вдоль стенки желобок примерно на 1,5 см выше поверхности модели.

Вместо глины стенку можно сделать из небольших пластинок тонкой листовой патуни или алюминия. В этом случае желобок не нужен, так как совмещение будет обеспечено нерегулярным расположением пластинок вдоль стенки.

Согласно указаниям изготовителя приготовьте необходимое для работы количество двухкомпонентной резины холодного отверждения и с помощью кисти нанесите её на модель слоем не менее 6-7 мм; работайте гладкими большими мазками, чтобы не захватывать пузырьки воздуха. Стенку также следует покрыть резиной. Дайте составу затвердеть, как рекомендовано, обычно около полчаса. В случае если модель простая, с относительно гладкой поверхностью, резиновое покрытие можно не делать.

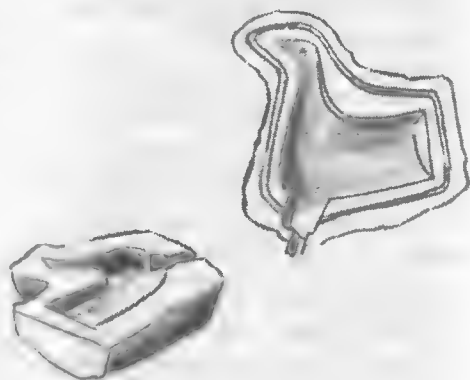
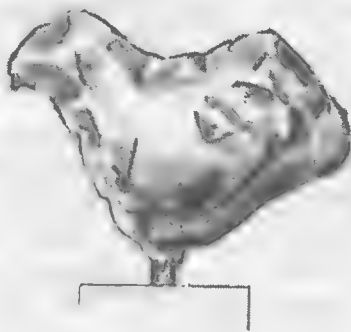


ИЗГОТОВЛЕНИЕ РЕЗИНОВОЙ ФОРМЫ ДЛЯ КРУПНОЙ ОТЛИВКИ (продолжение)

Теперь следует сделать гипсовый кожух, который будет поддерживать резиновую обочку. Смешайте гипс с водой комнатной температуры, обратив внимание на то, чтобы смесь была густой, а её количество — таким, с которым вам будет удобно работать в течение 15 минут. Кистью и (или) пальцами наклеивайте на резиновую обочку множество слоев гипса, пока не будет достигнута толщина около 2,5 см. Когда вы приблизитесь к этой толщине, уложите в гипс полоски ткани (например, мешковины), чтобы упрочнить форму; кроме того, если форма разобьется, благодаря этим полоскам она не развалится на части. Дайте гипсу затвердеть, пока он не перестанет быть теплым на ощупь.

Осторожно удалите с модели глиняную стенку, чтобы обнажился прилегающая к ней резиновая обочка. Обильно покройте поверхность резины антиадгезивом, например силиконовым спреем, растительным маслом или жидким мылом, затем додепайте форму, повторив все действия, о которых только что говорилось. Покройте модель слоем резины толщиной 3–4 мм, включая стенку, и, когда резина затвердеет, укрепите её гипсовым кожухом, снова добавив для прочности полоски ткани.

Когда гипс затвердеет, и форма будет раскрыта, может случиться так, что резиновая обочка останется на модели. Снимите её и сразу же вложите в раковины гипсового кожуха — там она будет храниться в безопасности. Смойте с внутренней поверхности резинового оттиска всю глину и другие загрязнения.



Инжекторные воски

Состав инжекторных восков подобран таким образом, чтобы обеспечить:

- низкую вязкость
- прочность
- фиксированную температуру плавления.

В продаже имеется много различных сортов, и у каждого есть убежденные приверженцы — опыт будет вашим лучшим путеводителем. Для начала попробуйте поработать с тем воском, который предложит ваш обычный поставщик.

К воскам часто припагаются рекомендации по температуре впрыскива-

ния, как правило, от 63° до 74° С. Обычная практика — пробное заполнение нескопких форм при более низкой температуре. Если восковые модели получаются непроработанными, слегка поднимите температуру и повторите попытку. Продолжайте действовать таким образом, пока не добьетесь выхода качественных моделей.

ИНЖЕКТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

Если модели простые, с гладкой поверхностью, иногда бывает возможно заполнить резиновую форму, просто залив в неё расплавленный воск. Однако гораздо чаще воск приходится нагнетать в форму для того, чтобы он заполнил каждый её закуток. Для достижения этой цели используются гидравлические или пневматические источники давления, либо центробежная сила.

Воск плавят в небольшом сосуде с электроподогревом, снабженным термостатом для поддержания температуры в диапазоне 38°-120° С. Если используется гидравлический метод, то к маленькому цилиндру, напоминающему миниатюрный велосипедный насос, присоединяют конический наконечник. Когда поршень поднимается, цилиндр заполняется расплавленным воском. При опускании поршня воск выдавливается из наконечника. Эти инжекторы опасны, и их нельзя использовать при обучении. Можно случайно нажать слишком сильно на рукоятку и выплеснуть струю горячего воска, что приведет к серьезным ожогам. ЭКСПЕРИМЕНТИРУЙТЕ С ТАКИМИ ИНЖЕКТОРАМИ НА СВОЙ СОБСТВЕННЫЙ СТРАХ И РИСК, ПРИЧЕМ С БОЛЬШОЙ ОСТОРОЖНОСТЬЮ.

Более распространены устройства, использующие давление воздуха для епрыскивания порции воска в резиновую форму.

Давление обычно установлено изготовителем и составляет 0,2 атм. (3,5 фунта на кв. дюйм). Всегда при работе с горячим воском необходима повышенная осторожность, но это устройство с меньшей вероятностью выплеснет обжигающий воск, чем гидравлические системы.

Третий возможный способ — центрифуга, похожая на те, что используются при питье металлов. Воск плавится на бане на подогреваемом основании и небольшое его количество заливается в тигель центрифуги. Пружина, заведенная заранее, опускается, коромысло вращается, и воск впрыскивается в попость резиновой формы.

АНТИАДГЕЗИВЫ

Когда резиновая форма готова и из неё вынута мастер-модель, полость формы покрывают антиадгезивом, который облегчает удаление восковых моделей. Обычно используют силиконовый спрей или крахмал в мешочке из ткани.

Взяв форму в руки, изогните её таким образом, чтобы полость раскрылась, и припудрите или обрызгайте каждую половину антиадгезивом. Если его слишком много, поверхность восковой модели будет некачественной и, кроме того, воск станет непригодным к повторному использованию. После нанесения антиадгезива слегка постучите полуформами по столу и сдуйте все излишки.

Если воск прилипает к форме даже, несмотря на использование антиадгезива, возможно, проблема в том, что воск слишком горяч. Отрегулируйте температуру так, чтобы она была чуть выше температуры плавления воска.



ИЗГОТОВЛЕНИЕ КРУПНЫХ ОТЛИВОК

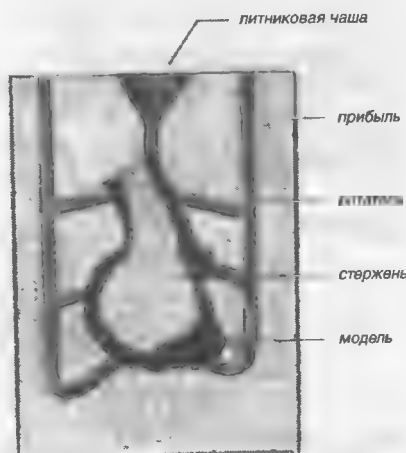
Введение

Не существует четкого определения термина «крупная отливка», кроме того, что так называют отливки, выполненные в специализированных мастерских. Для удобства в этой главе мы будем использовать этот термин по отношению к пустотелым изделиям, которые слишком велики для того, чтобы их можно было отлить в ювелирной мастерской – скажем от 20 до 80 см. Разумеется, ещё более крупные отливки могут быть изготовлены в промышленной литейной мастерской.

Многие из описанных здесь технологий могут быть применимы и к более крупным, и к более мелким отливкам, к литью бронзы, алюминия, латуни и, в некоторых случаях, чугуна. Для простоты здесь я буду говорить о бронзе, но те, кто интересуется другими сплавами, должны внимательно экспериментировать и работать с литературой. Также рекомендуется визит в ближайшую литейную мастерскую – это захватывающий и поучительный опыт. Данная глава написана для того, чтобы пробудить интерес к этому аспекту литья.

КРАТКИЙ ОБЗОР ПРОЦЕССА

1. Изготовьте пустотелую восковую модель.
2. Прикрепите литники, питатели, прибыли, выпоры, вставьте держатели стержня (жеребейки) и т.д.
3. Заформируйте модель и заполните стержень.
4. Выжгите воск.
5. Расплаевте и залейте металл.
6. Прочеканьте отливку, сварите детали, сделайте исправления.
7. Очистите и, если хотите, патинируйте отливку.



В идеале эти действия плавно перетекают одно в другое и находятся в тесной взаимосвязи. Каждое изделие привносит свои технологические проблемы и имеет свои особенности, так что лучшее, что здесь можно сделать – дать обобщенную последовательность действий.

Здесь мы подразумеваем, что модель сделана из глины, гипса или дерева. Когда заканчивает свою работу скульптор, ему на смену приходит профессиональный литейщик. Конечно, может быть так, что художник и литейщик – один и тот же человек.

Проектирование литниковой системы

Определение количества, длины и расположения каналов, по которым в литейную полость будет поступать расплавленный металл – сложное и, в конце концов, весьма субъективное дело. То, что следует ниже – некоторые общие принципы, за каждым из которых стоит практический опыт.

Главная задача каждого элемента литниковой системы – обеспечение интенсивного незахлывающегося потока металла в литейную полость. Для выполнения этой задачи необходимо следующее:

1. Восковые стержни должны быть гладкими, с фиксированным диаметром, их размер должен последовательно изменяться (большие, средние и маленькие, в зависимости от того, какое количество металла будет поставлять каждый из них).

2. Соединения между стержнями должны быть надежными, гладкими и снабженными небольшими галтелями.

3. Ингейты должны слегка сужаться по направлению к модели.

4. Чтобы литейная полость заполнялась в нужной последовательности, второстепенные литники всегда должны быть направлены вверх.

СЛОВАРИК ТЕРМИНОВ, ОТНОСЯЩИХСЯ К ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЕ.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

Наука и искусство размещения литниковых ходов, стояков, прибылей и выпоров.

ВЫПОРЫ

Восковые стержни (в дальнейшем каналы), через которые из формы вытекает расплавленный воск и выходит воздух при заливке расплавленного металла. В английском языке для выпоров есть также образное название – «свистки» (whistlers) – из-за звука, который они издают, когда расплавленный металл вытесняет из формы воздух.

ПРИБЫЛИ

Полости (широкие каналы) в литейной форме, которые служат резервуарами расплавленного металла, замедленное твердение которого обеспечивает подпитку формы при усадке отливки во время её охлаждения. Иногда их еще называют питателями.

ЛИТНИКОВЫЕ ХОДЫ

Каналы, по которым в литейную форму поступает расплавленный металл. Большой главный литник называется стояком.

ЛИТНИКОВАЯ ВОРОНКА

Воронкообразное расширение на входе в литниковый канал или стояк.

ИНГЕЙТ

Место, где литник соединяется с моделью.

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛИТНИКОВ

- При остывании происходит усадка металла.
- Тонкие участки остывают быстрее, чем массивные.

Эти простые утверждения - являются основой при составлении схемы расположения литников. Начертите такую систему питателей, которая обеспечит затвердевание самой тонкой части изделия в первую очередь. Эта часть должна питаться от более массивной части, которая в свою очередь будет питаться от самой массивной части отливки, которая в свою очередь будет питаться расплавом из даже ещё более массивного участка (прибыли, литника или стояка) вне отливки. Поскольку этот участок будет остывать последним, именно здесь появится пористость.

Избегайте падения струи расплава в литейной полости с большой высоты, так как под напором расплавленного

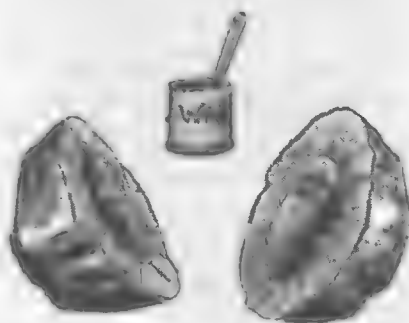
металла могут отколоться кусочки формы. Кроме того, металл может разбрызгиваться и остыть почти до затвердевания, из-за чего поверхность отливки будет некачественной. Как правило, отливку лучше питать снизу – вообразите чайник, который наполняется через носик.

Из приведенной выше информации должно быть ясно, что над составлением схемы литниковой системы придется очень много думать. И помните, это упрощенная информация. Пользуйтесь чертежами, чтобы методично проследить направление потоков расплавленного металла и направление затвердевания, затем проверьте и перепроверьте ваши планы.

Изготовление восковой модели

1. Первый этап – изготовление модели в точном соответствии с формой и размерами желаемого изделия. Для примера будем считать, что она сделана из глины. Чтобы точно воспроизвести мельчайшие подробности оригинала, была изготовлена резиновая форма согласно описанию, данному в предыдущей главе.

2. Нагрейте воск выше температуры солидуса на водяной бане (см. главу 1). Мягкой кистью нанесите слой воска на внутреннюю поверхность резиновой оболочки обеих частей формы, обращая особое внимание на мелкие детали и участки с сильно выраженным рельефом. Чтобы заполнить все подробности рельефа, воск должен быть максимально текучим.



3. Острые углы следует заполнить воском с более высокой температурой плавления, так как эти участки могут подвергнуться разрушению на следующем этапе, когда расплавленный воск может смыть первый слой.

4. Соедините обе части формы и свяжите их прочным шнуром; чтобы плотно прижать их друг к другу, используйте клинья или турникет. Нагрейте сосуд с воском чуть выше температуры солидуса, то есть так, чтобы воск был почти готов затвердеть, и залейте его в форму.

Задача состоит в том, чтобы получить восковую оболочку, толщина которой приблизительно соответствует толщине стенок желаемой отливки. Для большинства изделий эта величина составляет от 3 до 6 мм. Чтобы воск полностью покрыл внутреннюю полость, перекачивайте или переворачивайте форму, как это делается при изготовлении керамических изделий способом шликерного литья. Спустя несколько секунд, выпейте излишки воска обратно в сосуд.



Изготовление восковой модели (продолжение)

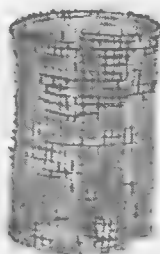
5. Прежде чем форма будет разобрана, воск должен полностью затвердеть. Если вы торопитесь, процесс можно ускорить, залив в полость формы холодную воду. Снимите гипсовые раковины и осторожно удалите резиновую оболочку. Вы получите восковую модель, которая является точной копией глиняной мастер-модели. Нет ничего необычного в том, что на воске могут обнаружиться небольшие наплывы или раковины, но их легко соскоблить или заполнить мягким воском. Конечно, если модель сильно деформирована, воск следует очистить, расплавить и попытаться залить снова.

- С некоторыми моделями удобнее всего работать, если разрезать их на части, отлить по отдельности и затем соединить с помощью сварки. В таком случае на этом этапе модель разрезают. Если изделие будет отлито целиком, настало время сделать отверстия, через которые впоследствии будет удаляться стержень отливки.

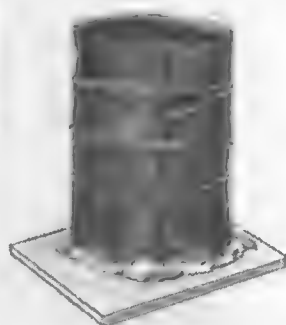
- Чтобы не повредить воск при хранении, пусть его плавать в ванне с холодной водой или подвесьте в веревочной сетке. Имейте в виду, что резиновая оболочка и гипсовая форма остались в цепости и могут быть использованы для получения большого количества восковых моделей.

ФОРМОВКА МОДЕЛИ ДЛЯ КРУПНОЙ ОТЛИВКИ

1. Сделайте из мелкой проволочной сетки цилиндр, который будет охватывать форму снаружи. Убедитесь, что вокруг модели с литниковой системой останется около 5 см свободного пространства, и скрепите цилиндр витками проволоки.



2. Оберните цилиндр кровельным материалом (рубероидом), так чтобы он выступал над верхом цилиндра на несколько сантиметров, и обвяжите его прочной проволокой.

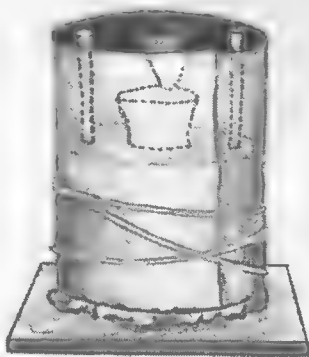


3. Установите цилиндр на устойчивую плоскую поверхность (например, на лист многослойной фанеры) и запечатайте дно цилиндра слоем гипсового раствора снаружи и изнутри.

4. Поверхность восковой модели должна быть покрыта слоем формовочной смеси, и, поскольку в контакте с этим слоем будет формироваться поверхность отливки, он должен быть безупречным. Используйте формовочную смесь хорошего качества и уделите пристальное внимание процессу её затворения. Подробное описание этого материала и правил работы с ним смотрите в главе 3. Заодно вспомните, что работать следует в респираторе.



5. На $\frac{3}{4}$ заполните цилиндр формовочной смесью, затем осторожно погрузите в нее оштукатуренную модель, так чтобы верхний край литниковой чаши находился на одном уровне с верхним слоем цилиндра, давая формовочной смеси время затечь во внутреннюю полость модели (стержень). Чтобы обеспечить заполнение, все выходы стержня должны быть направлены вверх. Надежно удерживайте модель: она не должна касаться стенок цилиндра.



ФОРМОВКА МОДЕЛИ ДЛЯ КРУПНОЙ ОТЛИВКИ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

6. Долейте цилиндр формовочной смесью до верха, и либо держите модель до тех пор, пока смесь не затвердеет, либо каким-нибудь способом подвесьте её в нужном положении. Если вы подвесите её на веревке, следите, чтобы она не повернулась и не соприкоснулась со стенками цилиндра.

Если для вас важна экономия, воспользуйтесь заменителем формовочной смеси, состоящим из $\frac{1}{3}$ гилса и $\frac{2}{3}$ огнеупорного материала. Это может быть:

- песок
- вермикулит
- использованная формовочная смесь
- кристобалит
- порошок двуокиси кремния (работайте в респираторе)

Что бы вы ни использовали, добавьте для проницаемости 10% древесной муки (мелких опилок).

7. Прежде чем переходить к следующему этапу работы, дайте форме полностью высохнуть. В сухом тепле на это может потребоваться несколько дней; в прохладном и влажном помещении на просушивание может уйти до двух недель. Чтобы ускорить высыхание, после затвердения формовочной смеси снимите с формы рубероидную обочечку.



ВЫЖИГАНИЕ ВОСКА

Все, что касается последовательности и техники выжигания воска при изготовлении крупных отливок, в точности совпадает с тем, что было сказано ранее о литье по выплавляемым моделям. Разница только в размерах и времени. Цель выжигания – нагреть форму, чтобы удалить из нее восковую модель и питники, очистить литейную полость и обжечь формовочную смесь. Все это происходит при медленном нагревании до 675°C . Если у вас есть достаточно большая газовая печь, просто поместите туда форму, перевернув ее питниковой воронкой вниз – и пусть печь делает свое дело.

Поскольку на модели для крупных отливок идет намного больше воска, чем на модели ювелирных изделий, при выжигании выделяется очень много вредных газов с неприятным запахом. НЕОБХОДИМА ВЕНТИЛЯЦИЯ.

ФИКСАЦИЯ СТЕРЖНЯ

Когда восковая модель сгорит, стержень провалится в литейную полость, если вы не предусмотрите его крепление внутри формы. Иногда благодаря конструкции изделия стержень может быть частью литейной формы. Гораздо чаще стержень будет соединен с формой перемычкой в каком-либо месте, например, в области шеи или бюста. Это помогает, но само по себе недостаточно. Обеспечьте дополнительную поддержку стержня с помощью шпилек, или жеребеек, как на рисунке.

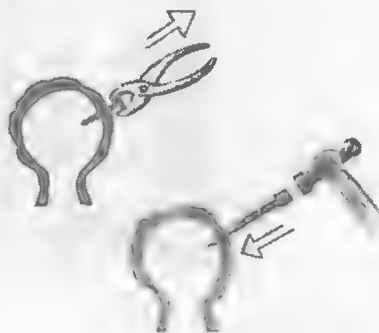
Разместите жеребейки там, откуда их будет легко удалить и заделать отверстия, лучше всего на тех участках, которые будут гладкими или останутся сильно текстурированными – труднее всего восстанавливать тонкую структуру.

Обычно жеребейки вставляют в воск до заливки стержня. Для большинства

отливок жеребейки можно делать из оцинкованных гвоздей. Благодаря грубой поверхности они хорошо удерживаются в формовочной смеси. Их относительно легко удалить, так как горячий металл растворяет цинковое покрытие. Для маленьких отливок можно использовать портновские булавки из нержавеющей стали.

Также можно воспользоваться стержнями из того же металла, что и отливка. После заливки металла стержни обрезают, а оставшиеся выступы зачеканивают. Этот способ особенно рекомендуется для текстурированных участков.

Когда отливка готова, жеребейки вытаскивают, либо срезают и проталкивают оставшуюся часть внутрь стержня, откуда их затем можно будет удалить. Оставшиеся отверстия будут необходимо заделать; пояснения даны на стр. 138-140.



Инструменты для работы с воском

В главе 1 описаны стеки для воска с электроподогревом, ипты, нагреваемые в пламени и паяльники, которые используют для соединения восковых деталей.

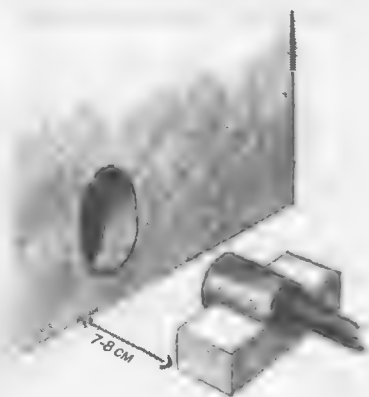
Чтобы определить нужное для отливки количество металла, взвесьте модель вместе с системой литников. Запишите полученный результат и позже напишите его на питейной форме. При отливке бронзы вам понадобится умножить вес воска на 10.

Горелки

Для обогрева небольшой печи вместо форсунки можно воспользоваться горелкой, надежно укрепив её в подставке из кирпича. Обязательно оставьте несколько сантиметров свободного пространства между печью и горелкой, чтобы обеспечить оптимальный режим горения. Пламя нужного типа будет издавать ровный низкий рокот. Запаха горючего быть не должно.

Подходящие для этой цели недорогие форсунки можно купить у поставщиков керамического оборудования; смотрите приложение и местный деповый справочник. Так как остатки воска от выжигания могут загрязнить печь, ваш знакомый керамист вряд ли захочет, чтобы вы воспользовались его (или её) печью, но, может быть, вам удастся взять взаймы форсунку.

Если у вас есть какие-то вопросы или сомнения по поводу установки форсунки, прежде чем зажечь её попросите представителя местной газовой компании проверить её.



Разжигание печи

1. Все материалы – кирпичи, строительный раствор и литейная форма – должны быть сухими. Во время разжигания печи крышка должна быть снята.
2. Проверьте все соединения в топливной системе, покрыв их мыльной водой с помощью кисти. Если где-либо появились пузыри, уплотните соединение и повторите проверку. Для всех соединений используйте тефлоновые трубки.
3. Установите в печь тигель, неплотно загруженный кусками бронзы; чтобы он не прилип к основанию печи, подложите под него кусок картона.
4. Положите комок мешковины или бумаги непосредственно перед соплом горелки.
5. Подожгите комок и откройте вентиль подачи воздуха примерно до половины. Пусть комок разгорится посильнее.
6. Включите подачу газа и отрегулируйте таким образом, чтобы получить низко рокочущее пламя. Оставайтесь рядом с печью, чтобы сразу же выключить газ, если пламя погаснет.
7. Выждите около 5 минут, пока печь нагреется до температуры, обеспечивающей стационарный режим горения. Затем включите подачу топлива на полную мощность и отрегулируйте воздух так, чтобы пламя рокотало как можно сильнее. Еще немного поверните вентиль подачи воздуха (или уменьшите подачу топлива), так чтобы получить окислительное пламя (бледное и шипучее). Накройте печь крышкой и продолжайте время от времени проверять пламя.



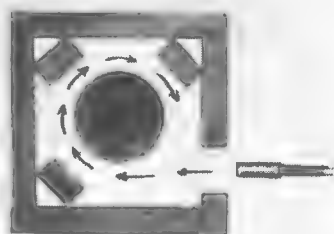
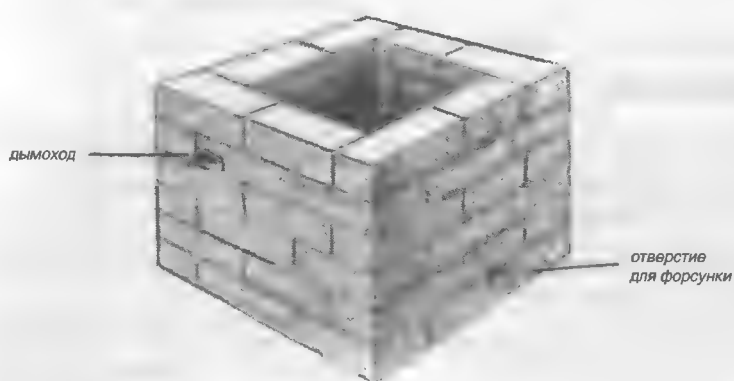
ПОСТРОЙКА ПЕЧИ

Из-за больших размеров литейной формы может возникнуть необходимость в постройке печи для выжигания, что может быть сделано несколькими способами. В дополнение к этим рисункам проконсультируйтесь у гончара или на керамическом предприятии.

Один из способов заключается в постройке вокруг литейной формы временного сооружения из огнеупорных кирпичей. Лучше всего делать это на улице, как минимум в 3 метрах от какой бы то ни было возгораемой поверхности. Установите литейную форму на платформе из кирпичей и возведите вокруг нее сооружение с несколькими отверстиями. Одно необходимо для установки форсунки, другое – для наблюдения за формой, и должно быть, по крайней мере, еще одно, наверху или поблизости от верха – для вентиляции.

Как показано, пламя горелки направлено по касательной к форме, так что оно обвивает цилиндр, равномерно нагревая его. Установленные наискось в углах кирпичи помогут направлять пламя.

Крышку можно сделать, скрепив кирпичи болтами или зафиксировав их в стальной раме. Можно также сделать раму и заполнить ее раствором огнеупорного цемента, транзитом, кирпичами или фиберфракса.



КАК СДЕЛАТЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКУЮ ПЕЧЬ

Более долговечную печь можно сделать из металлического цилиндра, как на рисунке. Выложите изнутри слоем фиберфрасса или огнеупорным шамотным кирпичом чистую тару из-под масла или контейнер для мусора – размер будет определяться самой большой из форм, которые вы предполагаете прокаливать. Толщина футеровки должна быть около 5 см, а вокруг формы должно оставаться свободное пространство около 7-8 см.

Печь такой конструкции должна иметь те же три отверстия, о которых говорилось выше: отверстие для горелки, для наблюдения и отверстие для вентиляции наверху.



ВЫЖИГАНИЕ

Проектируйте печь таким образом, чтобы была видна литейная чаша или стояк. Когда выжигание закончится, эти отверстия должны быть чистыми и белыми. Если они направлены вниз и поэтому не видны, прокаливайте форму до тех пор, пока не исчезнет запах испарений воска.

Большие формы при выжигании обычно устанавливают литейной чашей вверх. В таком случае снизу следует сделать дренажное отверстие для воска. Завершив выжигание, это

отверстие заделывают огнеупорной глиной, печь удаляют или разбирают и производят заливку металла.

Небольшие формы вынимают из печи и устанавливают в литейную яму, где за один прием можно залить несколько форм.

Литейная яма представляет собой углубление в земле или большой ящик, наполненный рыхлой землей для придания формам устойчивого положения. Плотнотрамбуйте землю вокруг каждой формы на тот случай, если в какой-нибудь из них есть трещины.

ПЛАВЛЕНИЕ МЕТАЛЛА

Во время плавления металла выделяются вредные для здоровья газы. При работе с расплавленным металлом всегда надевайте респиратор, толстые перчатки и защитную одежду. Также было бы хорошо пользоваться специальными темными защитными очками.

Примечание: Прежде, чем вы приступите к этому этапу работы, было бы разумно пройти процесс заливки металла вхолостую, чтобы убедиться, что держатель тигля нужного размера и фиксируется в удобном положении. Небольшая релетиция никогда не повредит.

Можно плавить металл в той же печи, которую используют для выжигания, но это не рекомендуется. Печь для выжигания должна медленно нагревать большой сосуд до температуры около 675 С. Плавильная печь сконструирована таким образом, чтобы нагреть сосуд меньших размеров до более высокой температуры как можно быстрее. Одна и та же печь по определению не может хорошо выполнять обе эти задачи.

Плавнение будет происходить в бочкообразном тигле из графита или карбида кремния. Перечень размеров

и емкости тиглей смотрите в приложении. Воспользуйтесь приведенными выше инструкциями для изготовления печи вокруг тигля, оставив 5-8 см зазора. Не забудьте, что пламя следует направлять тангенциально по отношению к тиглю, чтобы оно поднималось вокруг тигля по спирали и не давало местных перегревов.

Печь может быть примитивной конструкцией из несцементированных кирпичей, но у нее обязательно должна быть крышка с выхлопным отверстием.

ОТВОД ГАЗОВ ИЗ СТЕРЖНЯ

При заливке металла в форму газы из стержня должны куда-то деваться. Если для них не предусмотрен отвод, они будут барботировать сквозь бронзу, из-за чего отливка будет грубой и, возможно, дефектной.

Если виден большой участок стержня, например, шеи у бюста, то для отвода газов в стержне можно сделать канал с помощью шпильки, обмотанной вошеной бумагой, воткнув ее в стержень, пока он ещё не затвердел. Шпильку удаляют перед выжиганием модели, а до тех пор она может служить удобной рукояткой, по крайней мере, для небольших моделей.

ГАЗЫ И ОКСИДЫ

Латунь и бронза при плавлении склонны растворять газы, которые при заливке металла будут выделяться в виде пузырьков и могут испортить отливку. Часто источниками этой проблемы являются водород и монооксид углерода. Для того чтобы её устранить, в расплав можно ввести химические реактивы, которые будут поглощать нежелательные газы. Эти реактивы обычно поставляют в расплав кислород, который реагирует с газами, образуя легко улетучивающиеся соединения (например, воду).

Иногда кислород, предназначенный для очистки металла, образует оксиды, загрязняющие отливку. Часто эту проблему решают, добавляя в расплав

гранулы медно-фосфорного сплава. Фосфор энергично взаимодействует с оксидами и улетучивается в виде газа, тогда как медь просто растворяется в расплаве.

Выделяются токсичные газы, ПОЭТОМУ РАБОТАЙТЕ В РЕСПИРАТОРЕ И ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЕ.

Консультацию о том, какие реактивы и в каком количестве использовать в вашем случае, лучше всего получить у поставщиков металлов для литья. Разговаривая с ними, вы должны будете знать вес расплава (в килограммах) и тип сплава, который вы будете использовать.

ЗАЛИВКА МЕТАЛЛА

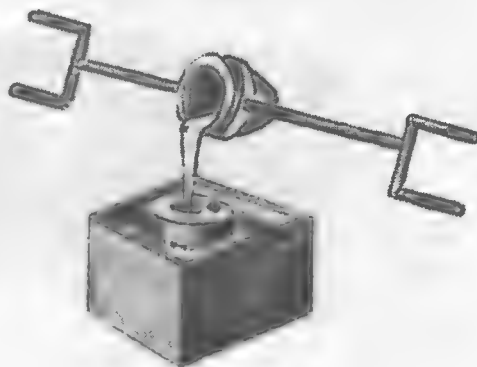
Проверьте полноту расплава, перемешав металл предварительно нагретым стержнем из углерода или железа. Если вы не почувствуете твердых комков, значит, металл расплавлен, но, возможно ещё недостаточно горяч для заливки. Большинство бронзовых сплавов плавится при температуре около 1060°C , а разливается при температуре около 1100°C . В то же самое время не перегревайте металл, так как это способствует окислению и увеличивает усадку.

Держите наготове форму в утрамбованной земле, чтобы вы могли залить её сразу же, как только металл полностью расплавится. Работая в одиночку можно залить до 10 кг металла, но это трудно и не рекомендуется. Сейчас самое время позвать на помощь друга.

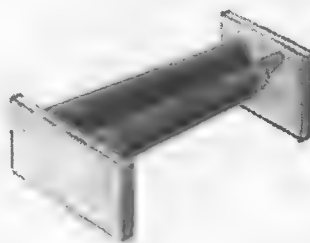
1. Возьмите тигель щипцами и поставьте на кирпич, размещенный внутри заливочного копыца. Быстро, но без суеты встаньте вместе с помощником над формой и слегка наклоните тигель. Предварительно нагретым стержнем снимите с поверхности расплава шлаки.



2. Залейте металл в воронкообразную питниковую чашу, стараясь поддерживать такую скорость литья, чтобы чаша все время была заполнена доверху; это предотвратит попадание шлаков в литейную полость. Заливайте до тех пор, пока в верхней части выпоров не покажется металл. Струя расплавленного металла не должна прерываться.



3. Если в тигле остался металл, вылейте его в землю рядом с формой или в изложницу из железного уголка. Если металл остынет в тигле, его будет трудно удалить, и тигель даже может треснуть. Пока оборудование ещё горячее, с помощью стального скребка начисто выскребите тигель изнутри, удалив весь приставший к стенкам флюс и шлаки, затем поставьте тигель для медленного остывания в печь, теперь уже выключенную.



ВЫБИВКА ФОРМ И ОЧИСТКА ОТЛИВОК

Форму следует оставить в покое до тех пор, пока отливка полностью не затвердеет. Нужное для этого время будет очень различным, от получаса до полусуток. Когда поверхность цоколя отливки из блестящей станет матовой и будет твердой, если по ней постучать, можно разбивать форму. Будьте терпеливы: медленное остывание делает отливку плотной и ковкой — оба этих качества желательны.

При скалывании формовочной смеси пользуйтесь зубилом и киянкой, но будьте осторожны: внутри все ещё горячо. Переходя к тонким участкам отливки смените зубило на деревянный клин, и всегда помните, что лучше потерпеть, чем рисковать испортить отливку.

Литники и выпоры срезают слесарной ножовкой или кусачками для резки болтов; будьте осторожны, чтобы не срезать их слишком близко к поверх-

ности отливки. Не раскачивайте инструмент туда-сюда, так как это может исказить форму отливки.

После того как большая часть формовочной смеси удалена, отливку моют или поливают из шланга и очищают жесткой латунной щеткой. Для очистки отливок также очень удобны пескоструйные или дробеструйные аппараты.

Щипцами или кусачками для толстой проволоки выньте шпильки, которыми крепилась сердцевина отливки или, если их невозможно вытащить, срежьте, а оставшиеся части вкопайте внутрь с помощью чекана и молотка. Эти отверстия будут заделаны позже.

Удалите сердечник, раздробив его мелкие куски или в порошок. Понятно, что, если доступ к сердечнику затруднен, сделать это будет непросто. Последние застрявшие куски часто вываливаются при последующей чеканке отливки.

ОТБЕЛИВАНИЕ ОТЛИВКИ

После отливки бронза может иметь непривлекательный вид, с потемнениями и пятнами, которые можно удалить химическим способом с помощью кислоты, также называемой отбелом. Рекомендуется разбавленный раствор бисульфата натрия (спарекс) или муравьиной кислоты. РАБОТАЙТЕ В РЕСПИРАТОРЕ И ЗАЩИТНЫХ ОЧКАХ.

Продолжительность травления зависит от вида сплава и толщины оксидного слоя и может составить от 15 минут до нескольких часов. Когда вся поверхность металла станет практически одного цвета, выньте отливку и хорошо промойте её в проточной воде. Даже после тщательной промывки в лорах бронзы останутся следы кислоты. При попытке удалить их нагреванием улетучится только

вода, но останутся соли, которые, в конце концов, соединятся с атмосферной влагой и вновь образуют кислоту.

Чтобы избавиться от этой проблемы, нейтрализуйте кислоту щелочным раствором, таким как концентрированный раствор пищевой соды в воде (пачка на ведро), замочив в нем отливку до тех пор, пока её поры полностью не пропитаются, например, до следующего дня. Снова промойте отливку в проточной воде и высушите её в потоке воздуха или заколайте в мелкие опилки. Это настоятельно рекомендуется, поскольку лассивная сушка на воздухе или нагревание могут привести к появлению на поверхности пятен, а это – именно то, от чего вы вначале старались избавиться.



Исправление дефектов

Когда приходит время заделывать отверстия и устранять дефекты отливки, у каждого мастера найдется в запасе свой набор всевозможных ухищрений. Вот несколько типичных способов, но имейте в виду, что это лишь краткий обзор. По мере возникновения проблем вы должны будете изобретать и свои собственные способы.

КОМПРЕССИЯ

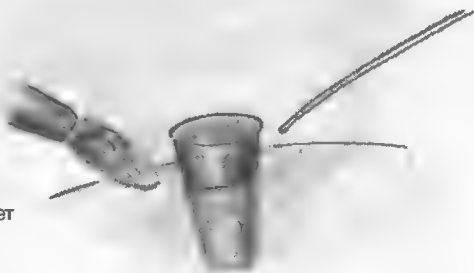
Чтобы уплотнить относительно рыхлую структуру участков с раковинами, сточите зубцы с круглого бора, оставив беспорядочно расположенные грани, которые затем зашлифуйте и отполируйте. Если закрепить этот инструмент в патроне дрели или бормашины и вращать его в контакте с поверхностью металла, грани будут работать как миниатюрные молоточки, которые стучат по поверхности и уплотняют раковины. Можно достичь такого же эффекта, если опилить конец стержня, придав ему форму полусферы, а затем слегка изогнуть и отполировать его.

СВАРКА

При починке бронзовых отливок можно приваривать (приплавлять) на нужное место кусочки того же сплава. Для этого используют отрезки литников и питателей, так как их цвет совпадает с цветом отливки. Лучшее всего для такой починки подходит аргоновая сварка, но сойдет и кислородная горелка. Работайте в темных очках.

В качестве флюса можно использовать буру. Нагрейте конец стержня и опустите его в буру, которая припалит к стержню. **ВЫДЕЛЯЮТСЯ ВРЕДНЫЕ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ГАЗЫ. НЕОБХОДИМА ВЕНТИЛЯЦИЯ.**

Для надежной сварки необходимо, чтобы все свариваемые поверхности были доведены до температуры плавления. Если температура плавления не будет достигнута, получится хлипкое соединение, которое выглядит прочным, но на самом деле хрупко. По мере продвижения работы проверяйте сварные швы, чтобы убедиться в их надежности.



Исправление дефектов (продолжение)

ПАЙКА СЕРЕБРЯНЫМ ПРИПОЕМ

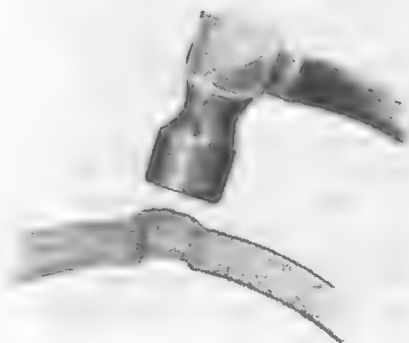
Этот процесс напоминает сварку, но происходит при намного более низкой температуре, чем температура плавления бронзы, а потому несколько безопаснее для неопытного сварщика. Принципиальный недостаток заключается в том, что шов будет отличаться по цвету.



РЕЗЬБОВЫЕ ПРОБКИ

Можно с помощью метки нарезать в отверстии резьбу и ввинтить в него сделанный из литника стержень с резьбой. Надежно ввинтив пробку, срежьте ее чуть выше поверхности отливки и зачеканьте матировочным лощатником, чтобы расплющить края и зафиксировать пробку в отверстии. Если этим пренебречь, то при эксплуатации изделия пробка может вывалиться.

Для устранения небольших раковин можно использовать так называемую хоподную сварку или сварку трением. Просверлите отверстие, приблизительно соответствующее диаметру раковины и сделайте круглую проволоку чуть большего диаметра из того же материала, что и отливка. Зажмите эту проволоку в патроне дрепи и вкрутите ее в отверстие, остановившись, как только проволоку «заест». После того, как вы обрежете и заполируете выступающую часть, соединение будет незаметным и надежным.



Исправление дефектов (продолжение)

МЕХАНИЧЕСКАЯ ИНКРУСТАЦИЯ

С помощью бора рассверлить отверстие с поднутрением, как на рисунке. Поднутрение — обязательное условие. Сделайте пробку из того же металла, что и отливка. Вставьте ее в отверстие и расколтите небольшим молотком, пока она не раздастся в стороны настолько, чтобы заполнить отверстие. Это будет легче всего сделать, если с внутренней стороны пробку при расколтке можно опереть на стойку или подобную ей металлическую опору.



ПОЛИМЕРНЫЕ СМОЛЫ

Для заделки отверстий холодным способом можно использовать многие полимерные смолы. Хороший выбор — авторемонтная эпоксидная шпатлевка; ее нетрудно приобрести в магазине. Её можно использовать в чистом виде или после затвердевания окрасить художественными масляными красками. Чтобы цвет совпал с цветом патины, потребуются пробы — возможно, придется последовательно наносить несколько слоев краски разного цвета.

Полимерную смолу можно смешивать с бронзовыми оливокками, чтобы получить пасту, которая называется бронзой для холодной отливки. После полировки она будет выглядеть как бронза, но и в этом случае может потребоваться чуть-чуть ее подкрасить.

Большая часть информации в предыдущих главах легла точно на предназначенное ей место. Но в технологии литья, как и в жизни, не все можно так просто разложить по полочкам. Вот почему появилась последняя глава.

Большую часть информации в этой главе можно назвать усовершенствованием или видоизменением техник, о которых уже говорилось. В них нет ничего магического — обычно это непосредственное разрабатывание весьма простой идеи. Имейте в виду, что:

- (а) это лишь некоторые из многих до сих пор изобретенных вариантов, и
- (б) изобретения ещё не закончены.

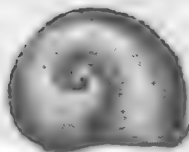
КОМБИНИРОВАННАЯ ОТЛИВКА ИЗ ДВУХ МЕТАЛЛОВ

Этот прием используют при отливке изделия из более чем одного металла. Так соблазнительно думать, будто вы можете положить в тигель два разных металла, одновременно расплавить их и получить биметаллическую отливку, однако этому не бывать. Вы получите отливку, сплошь состоящую из нового сплава. Это может быть интересный металл, но вряд ли у вас получится что-то стоящее. Металлурги работали в буквальном смысле веками, чтобы создать сплавы, сочетающие идеальные рабочие качества с привлекательным внешним видом. Результат этих изысканий — сплавы, которые мы обычно используем: стерлинговое серебро, золото разных проб и так далее.

Изготовление комбинированной отливки из двух металлов — процесс, состоящий из двух этапов. Фактически это две отливки, сделанные одна над другой. В приведенном здесь примере речь идет о двух металлах, но, конечно, можно также использовать три или больше. Заливка каждого металла — отдельная операция.

ХОД РАБОТЫ

1. Изготовьте восковую модель для первой детали. В зависимости от формы изделия вы можете вырезать (вылепить) ее отдельно, либо сделать цельную модель изделия и затем разрезать ее на две части.



2. Отлейте первую деталь любым из предпочитаемых вами способов. Обрежьте литники, отправите и обработайте, остановившись после шлифовки среднезернистой наждачной бумагой.



3. Сформируйте поверх первой детали оставшуюся часть модели из воска для резьбы или для пепки — смотря, что потребуется в соответствии с художественным замыслом. Хотя это и не является абсолютно необходимым, но результат будет намного лучше, если вы сможете предусмотреть механическое соединение между деталями, как показано на рисунке.



4. Снабдите восковой участок литниками и укрепите модель на куполе литниковой чаши (возможно, из-за веса первой детали модели потребуются дополнительная опора). Обратите внимание на то, что, поскольку эта подпорка не соединена с литником, она не будет поставлять металл в полость формы.



5. Выжгите воск и сделайте отливку как обычно.

После отливки детали обычно выглядят соединенными, но это впечатление может оказаться обманчивым. Поскольку на первой детали при выжигании воска образовался оксидный слой, скорее всего, сплавление деталей по месту контакта не произошло. Представьте себе, что вы покрыли одну металлическую деталь воском и пытаетесь припаять ее к другой — и вы поймете, что шансы получить прочное соединение, невелики. Поэтому постарайтесь обеспечить механическое соединение между деталями.

По меньшей мере, такие замки удержат детали вместе во время очистки отливки от формовочной смеси. Отправите и нейтрализуйте поверхность, затем офлюсуйте и как можно скорее пропаяйте линию контакта, пока последующее опилование и зашкуривание не нарушило идеальную подгонку частей, достигнутую при литье.

Отливка трубок

Трубки отливают для того, чтобы делать шарниры, наконечники, фурнитуру и оправы для камней. При этом могут возникнуть затруднения, так как если находящийся в трубке воздух не даст формовочной смеси затечь внутрь, при отливке вместо трубки получится сплошной прут. Необходим стержень-сердечник.

Если трубка короткая, заполните ее формовочной смесью с помощью кисти или миниатюрного шпателя. Когда речь идет об одной или двух трубках, можно успеть сделать это во время обычного процесса формовки. Если нужно заполнить формовочной смесью много трубок, сначала затворите небольшое количество формовочной смеси и заполните трубки, а затем заформуйте модель как обычно.

Потрясающим материалом для стержней является графит, поскольку он выдерживает высокие температуры и не прилипает к расплавленному металлу. Удобный источник тонких графитовых стержней — карандашные грифели, которые продаются в магазинах художественных и канцелярских принадлежностей и бывают разных размеров. Мягкие грифели предпочтительнее, потому что их легче удалить. Если купленные вами стержни слишком влики, графит можно опиливать и шлифовать до нужных размеров.

Вставьте графит в трубку так, чтобы он выступал на несколько миллиметров с обоих концов. Эти участки будут погружены в формовочную смесь, которая окружает литейную полость, тем самым обеспечивая крепление стержня внутри формы.

Если при изготовлении изделий с трубками вы используете резиновую форму, то перед тем как делать её, вставьте графитовый стержень в соответствующее место на мастер-модели, чтобы получить канал для стержня в резине. Перед впрыскиванием воска вложите в этот канал отрезок графита, и тогда модель будет извлечена из резиновой формы уже со стержнем внутри, готовая к отливке.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПУСТОТЕЛЫХ МОДЕЛЕЙ

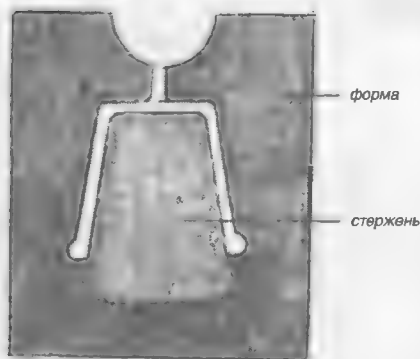
Пустотелое изделие можно изготовить, вырезав цельную модель, разрезав её пополам и выбрав изнутри обе части, которые формируют и отливают как два отдельных изделия, а затем спаивают в единое целое. Сделайте в изделии отверстие, через которое во время пайки будет выходить воздух. Если этим пренебречь, расширение воздуха в замкнутом пространстве может привести к взрыву.

Можно также разрезать и выбрать изнутри восковую модель, а затем вновь соединить восковые детали. Кроме того, пустотелые модели можно делать из листового воска и проволоки.

ОТЛИВКА СТАКАНЧИКА

В этом примере описано изделие, которое является пустотелым, но вместе с тем имеется доступ к его внутренней области – ситуация, которая может возникнуть при изготовлении сосудов, рукояток, коротких горлышек и носиков, муфт или нако-

нечников.
Сделайте из формовочной смеси сердечник, отлив его в глиняной форме или вырезав из затвердевшего блока. Помните, что стержень должен быть меньше, чем желаемое изделие, на величину, соответствующую толщине готовой отливки. Вставленная в стержень деревянная оправка часто помогает облегчить работу.



КРЕПЛЕНИЕ СТЕРЖНЯ В ФОРМЕ

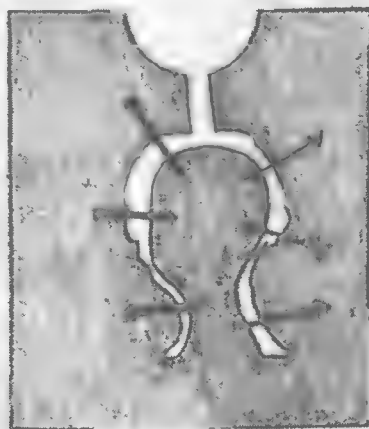
В тех случаях, когда стержень почти со всех сторон окружен воском, он должен быть неподвижно закреплен, иначе после выжигания воска не имеющий опоры стержень провалится внутрь литейной полости! Чтобы обеспечить крепление, в модель вставляют шпильки (другое название — жеребейки).

Используйте маленькие гвозди с гальваническим покрытием или короткие прямые отрезки железной обвязочной проволоки, насквозь проткнув ими воск в соответствующих местах. Если шпильки нельзя вставить, не деформировав при этом модель, зажмите их в патроне дрели и вкрутите в воск.

Прежде чем поместить готовую отливку в отбел, вытащите шпильки плоскогубцами. Если вынуть шпильки

невозможно, обрежьте их вплотную к поверхности и с помощью чертилки протолкните внутрь стержня, чтобы потом их можно было вытряхнуть и выбросить.

Разумеется, в тех местах, где были шпильки, в отливке останутся отверстия, которые в дальнейшем следует заделать. После отравливания зачистите края отверстия круглым напильником и вставьте в него конусовидный стержень из того же металла, что и отливка. Если отливка сделана из золота или серебра, используйте золотой или серебряный припой. Для бронзы следует применять сварку, но, в крайнем случае, можно использовать серебряный припой. Не применяйте припой на основе олова или свинца, так как при последующей починке он может разрушать металл.



Отливки, вставляющиеся одна в другую

Этот способ широко применяется при изготовлении дамских комплектов обручальных колец, когда кольцо невесты и собственно обручальное кольцо подгоняют таким образом, чтобы одно плотно входило в другое. В этом примере речь пойдет о таком обручальном комплекте, но на ум сразу же приходит множество других применений.

Можно просто вырезать две восковые модели, которые будут совмещаться друг с другом — это достаточно легкая задача, если поверхность разъема идеально плоская. В тех случаях, когда поверхность плавно изгибается или имеет сложные грани, добиться точной подгонки становится трудно. Чтобы обойти эту проблему, поступайте следующим образом:

1. Вырежьте, заформуйте и отлейте одно из колец.

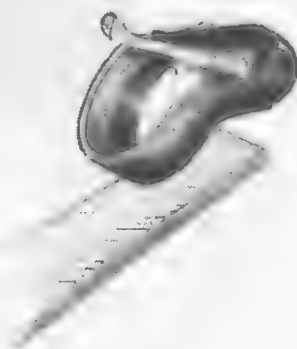
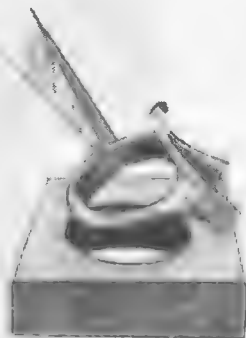
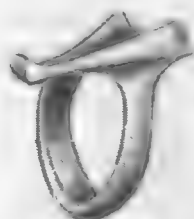
2. Отполируйте его, по крайней мере, до стадии шлифовки мелкозернистой наждачной бумагой.

3. Вырежьте для второго кольца восковой блок, приблизительно соответствующий его размеру и форме. Если вы используете мягкий воск для лепки, вылепите нужную форму, накладывая на металлическое кольцо слои проволоки и/или листового воска и пропустите следующий пункт.

4. Возьмите отполированное кольцо пинцетом и слегка подогрейте его в пламени спиртовки или в небольшом пламени горелки. Вдавите отливку в воск; будьте осторожны, чтобы она не погрузилась слишком глубоко.

5. Дайте воску остыть, затем вырежьте вторую модель, не удаляя металлическое кольцо. Во время резки воск и металл могут отделиться друг от друга; в таком случае просто снова совместите их и продолжайте работу. Если они не распались к тому времени, когда работа закончена, разъедините их, воспользовавшись чем-нибудь в качестве рычага.

6. Подведите литники, заформуйте и отлейте второе кольцо. Из-за усадки (2-5 %) подгонку потребуется уточнить.

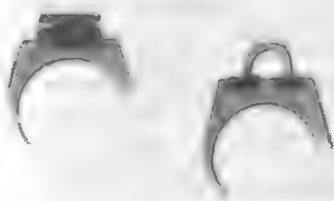


Вставки

Вставки используют для того, чтобы:

- добиться целостного вида изделия, состоящего из нескольких частей
- встраивать в изделие детали из других материалов
- делать из металла изделия, которые слишком хрупки, чтобы изготовить их из воска

КАК ЗАКРЕПИТЬ ВСТАВКУ



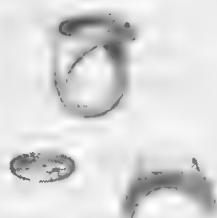
Даже после того, как весь воск сгорит, вставка должна остаться надежно закрепленной внутри формы. На рисунке показано, что произойдет, если незакрепленная вставка вывалится из предназначенного ей места. Ясно, что отливка будет испорчена.

Формовочная смесь обладает некоторой способностью к адгезии и может достаточно хорошо удерживать вставку там, куда вы захотите ее поместить, но полагаться на это было бы неразумно. Проследите, чтобы вставку удерживал выступ формовочной смеси. Чтобы применять это правило к различным ситуациям, потребуется здравый смысл и умение представить себе, как выглядит питейная полость изнутри.

Иногда бывает необходимо припаять (или прикрепить другим способом) крепление для каждой вставки. После отливки эти крепления срезают.

Обратите внимание на две парные вставки на рисунке, для которых используется одно крепление (в данном случае — кусок проволоки, концы которого припаяны к каждой из вставок)! Так как внутренняя полость формы никогда не нагревается выше 675 °С, годится любой серебряный припой. Не используйте свинцовые и оловянные припои! Они загрязнят золото и серебро.

ГЛУХИЕ КАСТЫ



Глухим кастом называется узкий металлический ободок, который обжимает камень и таким образом удерживает его на месте. Такие касты обычно очень тонкие (около 0,3 мм), а воск такой толщины настолько хрупкий, что деформируется даже при мимолетном прикосновении горячей иглой — на самом деле он сильно помнется, даже если осторожно взять его в руки. Поэтому зачастую проще сделать каст из серебра или золота и прикрепить его к литому изделию. Каст можно припаять к готовой отливке, но можно также укрепить его в изделии в процессе заливки металла.

Для того, чтобы таким образом вставить каст, сначала изготовьте его из требуемого металла. Проверьте форму и размер каста и вдавите его в восковую модель; накапайте вокруг каста легкоплавный воск, как показано на рисунке. Ни в коем случае не допускайте попадания воска внутрь оправы, иначе нарушится подгонка к камню. Если модель обеспечивает достаточную поддержку для камня, то обычно все, что нужно сделать — только ободок без дна. В других случаях придется припаять этот ободок к листу металла, в котором нужно просверлить пару отверстий, чтобы обеспечить его фиксацию на месте.

Вставки из камней

Некоторые драгоценные камни могут выдержать нагревание и резкий перепад температур при заливке металла. Тем не менее, помните, что на каждый залитый камень приходится окопо мигпиарда закрепленных механическими средствами (глухие касты, крапаны и т.д.). Это один из тех случаев, когда стоит считаться с весом традиции.

Камни, закрепленные при заливке металла, склонны «тонуть» в издепии, как галька в жидкой глине. Бывает, что этот зффект можно использовать как преимущество, но это особые случаи. Следует твердо иметь в виду, что основанием для применения закрепки драгоценного камня заливкой может быть только художественный замысел,

и что это ни в коем случае не альтернатива тщательной закрежке традиционно принятым способом.

Не все камни могут быть закреплены заливкой. «Земпистые» камни, такие как агаты, бирюза, малахит и лазурит почти наверняка потеряют свой цвет и потрескаются. Органические материалы, такие как янтарь, коралл и слоновая кость — несомненно, будут обречены на гибель. Прозрачные твердые камни, такие как алмаз, рубин, сапфир и изумруд, возможно, выдержат выжигание воска и заливку металла, но остерегайтесь — включения в камень могут привести к растрескиванию. Искусственные камни (их часто выращивают при высоких температурах) скорее всего переживут этот процесс.

ХОД РАБОТЫ

1. Возьмите камень пинцетом и очистите его ватным тампоном, смоченным в спирте.

2. Вырежьте в воске отверстие, приблизительно соответствующее размеру камня, затем слегка подогрейте камень и вставьте его на место. Будьте осторожны, чтобы не перегреть камень, иначе он погрузится в воск слишком глубоко, что будет очень трудно исправить.

3. Предусмотрите крепление камня в форме с помощью «пальца» формовочной смеси. С этой задачей успешно справится отверстие в воске (например, промежуток между крапанами). Для камней неправильной формы (например, кристаллов) это может не потребоваться, так как камень будет держаться в формовочной смеси благодаря своей грубой поверхности.

4. Закончите модель. Заформируйте, высушите, выжгите воск и отлейте как обычно.

5. После заливки металла дайте форме остыть на воздухе, чтобы избежать резкого перепада температур. Когда форма остынет настолько, что её можно будет держать в руках, выскоблите формовочную смесь и освободите отливку.

здесь формовочная смесь будет обтекать камень



Альгинат	полуэластичный формовочный материал, широко используемый в зубопротезном деле. Альгинат получают из морских водорослей.
Антиадгезив	вещество, препятствующее слипанию деталей формы
Белые сплавы	семейство сплавов серебристого цвета, с низкой температурой плавления. Основными ингредиентами часто являются олово, цинк, висмут и сурьма.
Бура	гидратированный тетраборат натрия, кристаллическое вещество, которое добывают в шахтах, очищают и используют как флюс.
Верхняя опока	верхняя половина рамки опоки, используемая при литье в песок.
Восстановительное пламя	пламя, обогащенное топливом. Помогает предотвратить образование оксидов.
Вспененные пластмассы	легкие пластмассы, такие как стирофом или пенополистирол. Могут быть использованы для изготовления моделей.
Вулканизация	процесс отверждения натуральной резины под давлением и при нагревании, в результате которого она становится прочной и эластичной. При изготовлении резиновых форм используется приспособление, называемое вулканизационным прессом.
Выжигание	процесс удаления восковой модели из литейной формы путем нагрева формы в муфельной или другой печи.
Выпоры	см. Питатели.
Галтель	небольшое количество материала, добавленное в месте присоединения литника, чтобы расширять его в точке контакта.
Гипсовый кожух	внешняя упрочняющая форма.
Грохот	сито, используемое для просеивания песка.
Дополнительные надрезы	разрезы в эластичной форме, обеспечивающие добавочную подвижность её частей. Для некоторых форм такие надрезы необходимы, так как иначе восковую модель просто невозможно извлечь.
Жеребейки	шпильки, фиксирующие стержень отливки.
Закладка	металл, предназначенный для отливки (шихта)
Залив (облой)	дефект, который выражается в образовании «перьев» на поверхности отливки.
Игла	другое название обрезной иглы.
Ингейт	второстепенный литник, по которому поток расплавленного металла направляется из главного литника в полость формы.

Комбинированная отливка из двух металлов	метод литья, позволяющий получать отливку из двух разных металлов.
Кристаллизация	процесс перехода металла из жидкого состояния в твердое. Также называется затвердением.
Литейный ковш	керамический тигель, используемый для плавления металла и заливки его в форму
Литейный ковш для пьютера	стальной ковш, применяемый для заливки легкоплавких материалов, таких как белые сплавы и пьютер. Чаша ковша разделена перегородкой с одним или несколькими отверстиями.
Литейный песок	тонкозернистый песок, используемый для изготовления литейных форм.
Литейный уклон	небольшой скос стороны модели, позволяющий вынуть модель из песчаной формы.
Литейная форма	обратный (негативный) оттиск желаемого изделия. Именно сюда заливают расплавленный металл.
Литник	восковой стержень, в дальнейшем — канал, через который к отливке подается расплавленный металл.
Литниковая воронка	вход в литейную форму, через которую заливается расплавленный металл.
Литье в оболочковые формы	метод литья, при котором модель покрывается относительно тонким слоем формовочной смеси.
Литье с пристеночным отверждением	один из способов получения пустотелых отливок. Жидкий материал заливают в форму и выливают обратно, когда он начинает затвердевать. В керамическом производстве подобный процесс называют шликерным литьем.
Люлька	металлическая пластинка, которая навешивается на рычаг центробежной машины, чтобы приподнять опоку и совместить ее с плавильным тиглем.
Мешалка	инструмент для перемешивания расплава и снятия шлака. Может быть изготовлен из углерода или кварца.
Модель	объект, с помощью которого получают обратный рельеф внутри литейной формы. Модель точно соответствует размерам и форме желаемой отливки.
Муфельная печь	тип высокотемпературной печи, используется для выжигания воска из литейных форм.
Нижняя опока	нижняя деталь рамки для литья в песок.
Образец	другое название модели.
Обрезная игла	заостренная стальная проволока, закрепленная в простой деревянной рукоятке. Другие названия — игла, биологическая игла.

Огнеупорный кирпич	жаростойкий кирпич, изготавливаемый специально для использования при высоких температурах.
Окисление	процесс взаимодействия кислорода с другими элементами, в результате которого образуются новые соединения, называемые оксидами. Оксиды вредны для металла, их образование следует предотвращать
Опока	сосуд или рамка, охватывающая и поддерживающая литейную форму.
Основание опоки	прокладка, обычно сделанная из резины, которая служит дном опоки при изготовлении формы. На основании опоки имеется конусообразный или полусферический выступ, служащий для формирования литниковой воронки.
Плоскость разъема	плоскость, по которой форма разбирается на составные части.
Подмодельная доска	деревянная досочка размером чуть больше, чем рамка опоки; используется при литье в песок в качестве крышки и основания литейной формы.
Пригонка	совмещение деталей.
Припыл	вещество, используемое как антиадгезив, например, тальк или крахмал.
Разовая форма	разновидность литейной формы, которая может быть использована лишь однажды, так как ее приходится разрушать, чтобы извлечь отливку.
Разъемная форма	форма, которая при удалении модели разбирается на две (или более) части.
Раковины	крошечные пустоты в отливке. Причиной их появления могут быть оксиды, загрязнение металла и его усадка.
Рамка	массивная алюминиевая рама, в которой вулканизуют резину.
Резина холодной вулканизации (РХВ)	семейство эластичных материалов для изготовления форм, которые вулканизируются без нагревания.
Сепиопит	мягкий пористый скелет небольшого, напоминающего кальмара животного, может быть использован для изготовления литейной формы.
Силиконовая резина	эластичный материал, способный выдерживать высокие температуры; используется для обеспечения герметичности при вакуумном литье, а также для изготовления форм, в которые напрямую заливают белые (легкоплавкие) сплавы.
Силиконовый спрей	антиадгезив.
Смачиватель (поверхностно-активное вещество)	увлажняющий реактив, способствующий покрытию модели формовочной смесью.

Спиральная пилка	небольшая пилка, которую используют для резания воска и подобных ему мягких материалов.
Спиртовка	маленькая спиртовая лампа с фитилем, которую используют для получения небольшого не коптящего пламени при работе с воском.
Спуск	см. Литейный уклон
Стержень	часть литейной формы, соответствующая внутренней полости готовой отливки.
Температура вспышки	температура, при которой воск внезапно воспламеняется. Точное значение температуры вспышки зависит от типа воска.
Тигель	сосуд из огнеупорного материала, например, из керамики, графита или карбида кремния.
Туф	мягкий природный камень, состоящий из уплотненного вулканического пепла; используется для изготовления литейных форм.
Увлажненный песок	оптимально увлажненный песок для изготовления литейных форм.
Удельный вес	отношение веса предмета к его объему. Удельный вес металла используется для подсчета конечного веса отливки.
Флюс	реактив, поглощающий оксиды и способствующий плавлению металла.
Формовочная смесь	гипсоподобный материал, состоящий из гипса, двуокиси кремния и кристобалита.
Французский песок	одна из разновидностей литейного песка. Другое название – зеленый песок.
Цоколь отливки	слиток металла, заполняющий литниковую чашу ювелирной отливки.
Чаша	углубление в форме, служащее входом для расплавленного металла при получении крупных отливок.
Шлак	окислившиеся отходы, которые образуются при плавлении легкоплавких материалов.
Экструдер	инструмент, с помощью которого размягченный воск продавливают через фильеры, получая проволоку различного сечения.

ЛИТЕРАТУРА

- | | |
|--|--|
| Lost Wax Investment Casting | C. W. Ammen
TAB Books
Blue Ridge Summit, PA
1977 |
| The Complete Handbook of Sand Casting | C. W. Ammen
TAB Books
Blue Ridge Summit, PA
1977 |
| Centrifugal or Lost Wax Jewelry Casting | Murray Bovin
(revised by Peter Bovin)
Bovin Publishing
Forest Hills, NY
1971 |
| Creative Casting | Sharr Coate
Crown Publishers
New York
1966 |
| Studio Bronze Casting | Jon W. Mills and Michael
Gillespie
Frederik A. Praeger, Publishers
New York
1966 |
| Полное руководство
по обработке металлов для ювелиров | Тим МакКрайт |
| Handbook of Lost Wax or Investment Casting | James E. Sopcak
GEMBOOKS
Mentone, CA
1968 |

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Ваша лучшая защита – здравый смысл. Даже выполняя безопасные операции, можно получить травму, если пренебрегать правилами, так что помните, что несчастные случаи происходят не только с «другим парнем».

Если вы не уверены в инструменте, в реактиве или в ходе работы, остановитесь и попросите помощи. Если вы чувствуете недомогание или головокружение, прекратите работу и выйдите в другое помещение. Если недомогание не проходит, обратитесь к врачу.

Дополнительную литературу можно найти в библиотеке.

<i>Соединение</i>	<i>Примечания</i>	<i>Меры предосторожности</i>
Аммиак	Раздражает глаза, вызывает химический ожог легких. Растворы высокой концентрации опасны.	Смывайте мыльным раствором и водой.
Асбест	Состоит из волокон, которые не выводятся из организма. Канцероген, действие которого может проявиться через 20-30 лет.	Откажитесь от него; используйте заменители.
Ацетилен	В небольших дозах – умеренное наркотическое действие. Большие дозы вызывают удушье.	Будьте внимательны, проверьте герметичность оборудования.
Ацетон	Головная боль, сонливость, раздражение кожи. Один из наименее токсичных растворителей.	Достаточная вентиляция.
Бензол	Интоксикация, кома, нарушения дыхания.	Откажитесь от него; используйте другие растворители.
Кадмий	Повреждает мозг, нервную систему, легкие, почки.	Если это возможно, откажитесь от него. Если нет, работайте только при интенсивной вентиляции.
Кетоны	Раздражают кожу, глаза и дыхательные пути. Могут вызвать заболевания периферической нервной системы.	Вентилируйте помещение, работайте в резиновых перчатках и в специальном респираторе.
Медь (соединения)	Оксиды меди могут вызвать заболевания легких, кишечника, глаз и кожи.	Когда нагреваете сплавы меди, вентилируйте помещение. Если предстоит много ручной работы (например, при выколотке), работайте в перчатках.
Полиэфирные смолы	Вызывают раздражение кожи. Некоторые из смол при смешивании с отвердителем выделяют токсичные газы, а некоторые взрывоопасны.	Вентилируйте помещение, работайте в перчатках. Храните согласно инструкции.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

<i>Соединение</i>	<i>Примечания</i>	<i>Меры предосторожности</i>
Ртуть	Повреждает мозг, нервную систему и почки.	Не вдыхайте пары, избегайте контакта с кожей. Необходима интенсивная вентиляция. Работайте в перчатках.
Свинец	Повреждает мозг, центральную нервную систему, красные кровяные тельца, костный мозг, печень, почки. Пары особенно опасны.	Если возможно, откажитесь от него. Необходима хорошая вентиляция. Сведите ручную работу к минимуму. После работы тщательно вымойтесь.
Серебро (соединения)	Абсорбированные кожей пары и пыль могут вызвать ночную слепоту.	Работайте в перчатках и респираторе.
Серная кислота и спарекс (бисульфат натрия)	Вызывают раздражение кожи и дыхательных путей. Разъедают одежду.	Необходима вентиляция. Храните эти вещества в закрытой посуде. Нейтрализуйте раствором питьевой соды и смывайте водой.
Серная печень	При нагревании до температуры разложения выделяется сероводород, который вызывает удушье и поражает мозг.	Не доводите раствор до кипения.
Скипидар	Раздражает кожу; может вызвать заболевания мозга и легких.	Вентилируйте помещение, работайте в перчатках.
Теллур	Пары теллура выделяются при очистке золота, серебра, меди и при сварке. Раздражает кожу и желудочно-кишечный тракт.	Вентилируйте помещение. Ранние симптомы – дыхание с чесночным запахом и металлический привкус.
Толуол	Вызывает галлюцинации, отравление, заболевания легких и мозга, разрушает красные кровяные клетки.	Если возможно, откажитесь от него. Необходима хорошая вентиляция.
Фториды	При попадании в легкие могут образовывать фтористоводородную (плавиковую) кислоту.	Вентилируйте помещение, избегайте вдыхания паров.
Царская водка	Самая едкая из всех кислот.	Работайте в защитной одежде. Храните в неплотно закрытом сосуде с хорошо читаемой надписью.
Цианиды	Пары цианидов ядовиты при вдыхании и при попадании на кожу.	Необходима хорошая вентиляция. Работайте в защитной одежде.
Цинк (соединения)	Пыль и испарения поражают центральную нервную систему, кожу и легкие.	Вентилируйте помещение, работайте в респираторе.

СООТНОШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР ПЛАВЛЕНИЯ

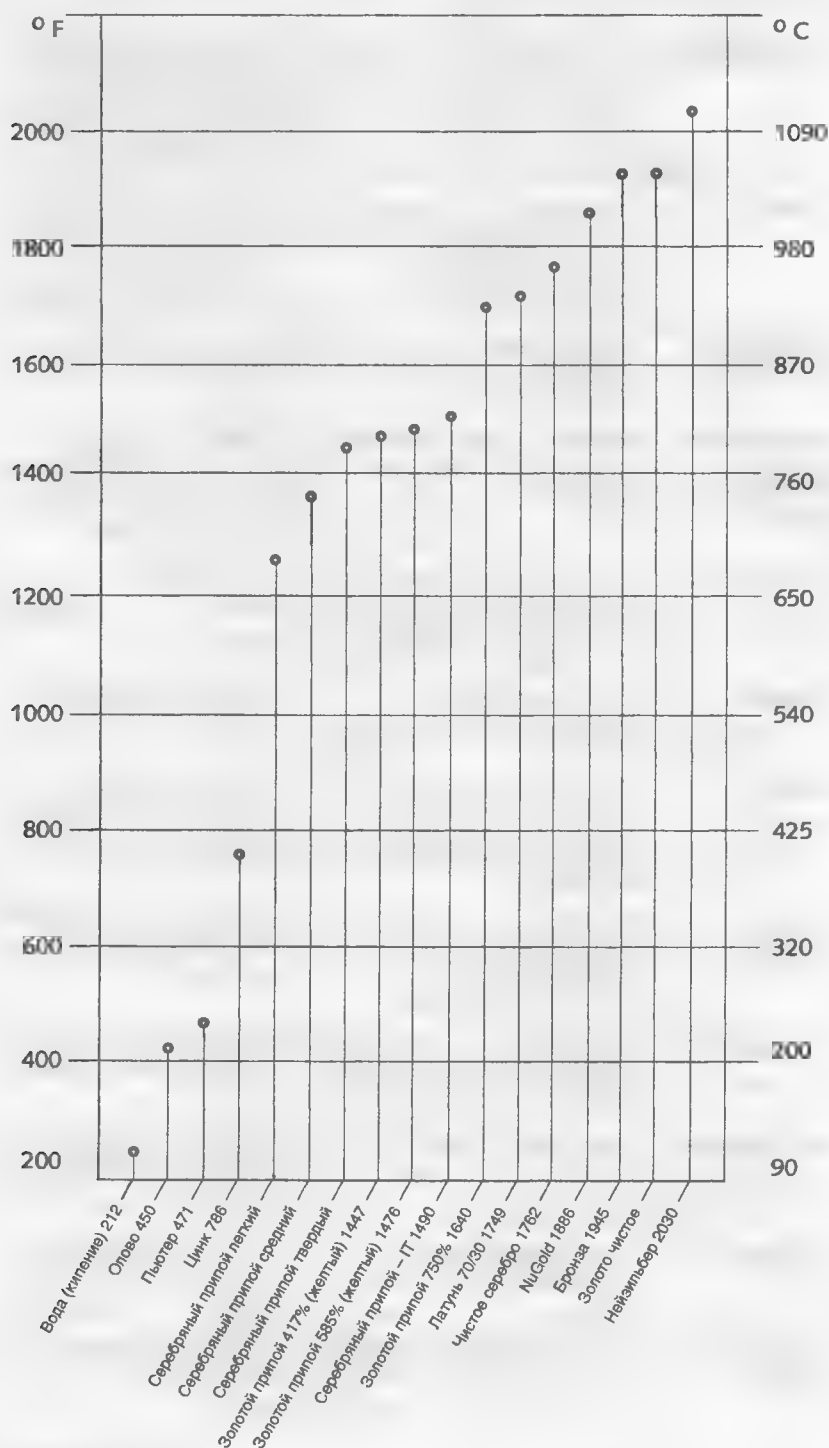


ТАБЛИЦА СПЛАВОВ

Символ	Металл	Золото, %		Серебро, %		Медь, %		Цинк, %		Другие, %		°C		Удел. вес
													°F	
Al	Алюминий									100 Al		660	1220	2,7
Sb	Сурьма									100 Sb		631	1168	6,6
Bi	Висмут									100 Bi		271	520	9,8
260	Латунь патронная				70	30						954	1749	8,5
226	Nu-Gold				88	12						1030	1886	8,7
220	Красная бронза				90	10						1044	1910	8,8
511	Бронза				96					4 Sn		1060	1945	8,8
Cd	Кадмий									100 Cd		321	610	8,7
Cr	Хром									100 Cr		1890	3434	6,9
Cu	Медь					100						1083	1981	8,9
Au	Золото (чистое)	100										1063	1945	19,3
920	22 K желтое	92	4	4								977	1790	17,3
900	22 K монетное	90	10									940	1724	17,2
750	18K желтое (а)	75	15	10								882	1620	15,5
750	желтое (в)	75	12 1/2	12 1/2								904	1660	15,5
750	зеленое	75	25									966	1770	15,6
750	розовое	75	5	20								932	1710	15,5
750	белое	75								25 Pd		904	1660	15,7
580	14 K желтое	58	25	17								802	1476	13,4
580	зеленое	58	35	7								735	1535	13,6
580	розовое	58	10	32								827	1520	13,4
580	белое	58								42 Pd		927	1700	13,7
420	10 K желтое	42	7	48	3							876	1609	11,6
420	зеленое	42	58									804	1480	11,6
420	розовое	42	10	48								710	1490	11,7
420	белое	42								58 Pd		927	1760	11,6
Fe	Железо									100 Fe		1535	2793	11,8
Pb	Свинец									100 Pb		327	621	7,9
Mg	Магний									100 Mg		651	1204	11,3
	Монель-металл				33					60Ni ; 7Fe		1360	2480	1,7
Ni	Никель							17		100 Ni		1455	2651	8,9
752	Нейзильбер				65					18 Ni		1110	2030	8,8
Pd	Палладий									100 Pd		1549	2820	12,2
	Британский сплав				7					85Sn2Sb6Bi		244	471	7,7
	Старинный пьютер									80Pb,20Sn		304	580	9,5
Pt	Платина									100 Pt		1774	3225	21,4
Ag	Серебро (чистое)		100									961	1762	10,6
925	Серебро стерлинговое		92 1/2	7 1/2								920	1640	10,4
800	Серебро монетное		80-90	10-20								890	1634	10,6
	Сталь									99Fe,1C		1511	2750	7,9
	Сталь нержавеющая									91Fe,9Cr		1371	2500	7,8
Sn	Олово									100 Sn		232	450	7,3
Ti	Титан					10				100 Ti		1800	3272	4,5
Zn	Цинк					100						419	786	7,1

ПОСТАВЩИКИ МАТЕРИАЛОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Оборудование и материалы для литья

California Crafts Supply 1201 E. Ball Rd. #C Anaheim, CA 92805	(714) 774-4588 (714) 774 4450 fax
Centaur Forge, Ltd. 117 North Spring St. Burlington, WI 53105-0340	(800) 668-9175 (414) 763-9175 (414) 763-8350 fax
William Dixon Company 750 Washington Ave. Carlstadt, NJ 07072	(800) 847-4188 (201) 939-6700 (201) 939-5067 fax
E.B. Filter & Co. RD2, Box 176-B Milton, DE 19968	(800) 346-2497 (302) 684-1893 (302) 684-1893 fax
Forslev's Jewelry Supplies 210 S. Milwaukee Ave. Wheeling, IL 60090	(708) 520-4120 (708) 520-4437 fax
Otto Frel & Jules Borel Co. 126 2 nd St. Oakland, CA 94607	(800) 772-3456 (510) 832-0355 (510) 834-6217 fax
Paul H. Gesswein & Co. 255 Hancock Ave. Bridgeport, CT 06605	(800) 243-4466 (203) 366-5400 (203) 366-3953 fax
Grleger's Inc. (800) 423-4181 2830 E. Foothill Blvd. Pasadena, CA 91107	(818) 304-7690 (818) 577-4751 fax
C.R. Hill Company 2734 West Eleven Mile Rd. Berkley, MI 48072-3078	(800) 521-1221 (313) 543-1555 (313) 543-9104 fax
Rio Grande Albuquerque 4516 Anaheim Rd. Albuquerque, NM 87113	(800) 545-6566 USA (800) 253-9738 Canada (505) 821-7626 (505) 821-5529 fax
Swest, Inc. 11090 N. Stemmons Frwy. Dallas, TX 75229 (214) 247-3507 fax	(800) 527-5057 (214) 247-7744
Norman A. Thomas Co. 724 N. Woodward Ave. Birmingham, MI 48011	(800) 642-7210 (313) 642-7721
TSI, Inc. 101 Nickerson St. Seattle, WA 98109	(800) 426-9984 (206) 282-3040 (206) 281-8701 fax

ПОСТАВЩИКИ МАТЕРИАЛОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Литье

Art Tech Casting Company
3894 Scottsville Rd.
Scottsville, NY 14546

(716) 889-9187
(716) 889-9187 fax

Billanti Castling Company
299 South 11th St.
New Hyde Park, NY 11040

(516) 775-4800
(516) 775-4839

J. A. Henkel Company
P.O. Box 531
Freeport, ME 04032

(207) 865-9350

National Cast Products Co.
69 Bath St.
Providence, RI 02908

(401) 421-8182
(401) 421-8279 fax

Larry Paul Casting Company
740 Sansom St. Room 410
Philadelphia, PA 19106

(215) 928-1644
(215) 574-1943 fax

Sierra Pacific Casting Co.
P.O. Box 410021
San Francisco, CA 94141

(415) 285-8118
(415) 285-4390 fax

Поставщики металлов и сплавов

David H. Fell & Co.
6009 Bandini Blvd.
City of Commerce, Ca 90040

(800) 822-1996
(213) 722-9992
(213) 722-6567 fax

Hauser & Miller Co.
10950 Lin-Valle Dr.
St. Louis, Mo 63123

(800) 462-7447
(314) 487-1311
(314) 487-0394

Hoover & Stong, Inc.
10708 Trade Rd.
Richmond, VA 23236

(800) 759-9997
(804) 794-3700
(804) 794-5687

Материалы для изготовления эластичных форм

Duplicast Corporation
P.O. Box 1188
Ione, CA 95640

(209) 274-2788

Perma-Flex Mold Co.
1919 E. Livingston Ave.
Columbus, OH 43209

(800) 736-6653
(614) 252-8034
(614) 252-8572 fax

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Альгинат 113
Аммония хлорид 60
Белые сплавы 97
Боры на гибком валу 13, 140
Бура 60
Вакуумное питье 70-73
Вентиляция 27, 28, 40, 50, 54, 56, 133, 134
Вибраторы 47
Воздушные пузырьки 43, 45-48
Воски 10, 11, 18, 119
Восстановительное пламя 57
Вставки 147
Вулканизация 113-116
Выбивка опок 92, 136
Выжигание 49-55, 128
Выпоры 82, 103, 121
Выпаривание воска 49
Вытяжная вентиляция 54
Галтель 33, 34
Гидратация 42
Гипс 77-79, 100-105, 118
Гипсовый кожух 118
Глицерин 88
Глухие касты, вставки 147
Доводка 17, 25
Дополнительные надрезы 112
Древесный уголь 78
Жеребейки 128, 145
Замки 111
Зубоврачебные инструменты 14, 20
Игла 20, 22, 25, 34, 81
Ингейт 121, 122
Инкрустация 106
Камни-вставки 148
Комбинированная
 отливка из двух металлов 141, 142
Кристаллизация 31
Ликвидус 11
Литейные ковши 75, 98
Литейный ковш для пьютера 98
Литейный песок 85-88
Литейный уклон (спуск) 86
Литейные формы из бронзы 108
Литники 29-38
Литниковая чаша 121-123
Литье под давлением пара 69
Литье под действием силы тяжести 102
Литье в ручной центрифуге 67, 68
Люпка 62
Масло для литейного песка 88
Метод вытеснения воды 37
Метод питья
 с пристеночным отверждением 107, 124
Метчик 139
Мешалка 63
Муфельные печи 53, 58, 59, 129-132
Обвязочная проволока 82, 145
Оболочковые формы 48
Обрезная игла 20, 25, 34, 81
Окисление 56, 60, 134
Опока 30, 32, 51
Опоки для песка 89-92
Оправки 24
Органические материалы 27
Основание опоки 30, 32
Практическое литье 160
Отбел 137, 142
Охлаждение 65
Перегрев металла 60
Перфорированная опока 73
Песок 85-88
Печи 50, 58, 59, 130-132
Питатели 121, 122
Пластинки 117
Плоскость разъема 93, 105, 117
Подмодельные доски 90, 93
Поднутрения 77
Пористость 31
Прибыпи 32
Припыл 89, 103
Пьютер 97-108, 157
Рамка опоки 89-92
Расчет веса 16, 36-38
Респираторы 40
РХВ (резина
 хопной вулканизации) 109, 110, 117
Сварка 138
Сварка бронзы 139
Сепиолит 60-84
Силиконовая резина 70, 112
Силиконовый спрей 120
Смачиватель 43
Сода пищевая 137
Солидус 11
Совмещение 79, 83
Спиральная пила 12
Спиртоака 19
Сплавы 97, 157
Стек для воска с электроподогревом 21
Стержень отливки 112, 121, 128, 133, 144
Температура вспышки 10
Тигель 63, 75, 78, 135
Тигли графитовые 58
Типы пламени 57
Трубки 147
Туф 77
Увлажненный песок 88
Углеродный осадок 55
Удельный вес 36, 157
Уравновешивание
 центробежной машины 62
Флюс 60, 85, 134
Формовочная смесь 39-48
Фосфор 134
Центробежное литье 61-63, 66
Цоколь 64, 102
Штамп 24
Экструдер 23
Эффект зеркала 142